



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA- UniCEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

RAFAEL BORDALLO AMARAL LOPES

SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA PARA PEQUENAS CARGAS

BRASÍLIA – DF

1º SEMESTRE DE 2014

RAFAEL BORDALLO AMARAL LOPES

SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA PARA PEQUENAS CARGAS

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UnICEUB) como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Engenharia da Computação.

Orientador: Prof. MSc. Luciano Henrique Duque

Brasília

Julho, 2014

RAFAEL BORDALLO AMARAL LOPES

SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA PARA PEQUENAS CARGAS

Trabalho apresentado ao Centro
Universitário de Brasília
(UniCEUB) como pré-requisito
para a obtenção de Certificado de
Conclusão de Curso de
Engenharia de Computação.
Orientador: Prof. MSc. Luciano
Henrique Duque.

Este Trabalho foi julgado adequado para a obtenção do Título de Engenheiro de
Computação, e aprovado em sua forma final pela Faculdade de Tecnologia e Ciências
Sociais Aplicadas -FATECS.

Banca Examinadora:

Prof. Abiezer Amarilia Fernandes
Coordenador do Curso

Prof. Orientador: Luciano Henrique Duque
Mestre, UniCEUB

Prof^a. Ingrid Maria Dittert
Doutora, UniCEUB

Prof. Miguel Archanjo
Doutor, UniCEUB

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que me deu esta vida maravilhosa, cercada de pessoas as quais amo muito.

Agradeço aos meus pais, Leandro (*in memoriam*) e Roger, à minha querida mãe Simone e à minha amada avó Welma, por terem me proporcionado absolutamente tudo nesta vida, e por terem me passado todos os valores, educação e principalmente amor em todos os momentos.

Aos meus irmãos e irmãs, sejam eles daqui de Brasília, de Salvador, ou de Maceió, por me mandarem palavras de apoio e de carinho, e por sempre, apesar de distantes fisicamente, estarem tão presentes em minha vida.

À minha namorada Thayane, por ter sido tão compreensiva durante este semestre, principalmente nos finais de semana em que ficamos em casa estudando, e por me completar a cada dia.

Ao meu primo Lucas, que é um irmão para mim e não deixou de me incentivar durante a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia de Computação, em especial ao professor MSc. Luciano Henrique Duque, que teve paciência e sabedoria para me orientar no decorrer deste trabalho.

E, por último, mas não menos importante, aos meus colegas de classe, em especial aos amigos Roberto, Mayume, Daisy e Matheus, que estiveram presentes em grande parte da difícil caminhada para se tornar um engenheiro.

“Seja quem você for, qualquer posição que você tenha na vida – nível altíssimo ou mais baixo, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e, sempre, faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá”

Ayrton Senna, 1990.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 APRESENTAÇÃO.....	14
1.1 Introdução.....	14
1.2 Motivação.....	15
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo geral	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Metodologia	16
1.5 Resultados esperados	17
1.6 Organização.....	18
CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Energia Elétrica.....	19
2.2 Geração de energia	20
2.2.1 Hidrelétricas	20
2.2.2 Termelétricas.....	21
2.2.3 Centrais Eólicas.....	23
2.2.4 Sistemas solares fotovoltaicos	24
2.3 Energia elétrica e Sustentabilidade.....	25
2.4 Histórico da geração de energia elétrica e energias renováveis.....	26
2.5 Exercícios físicos	30
2.5.1 Ciclismo	32
2.6 Elementos principais que compõem o protótipo.....	32
2.6.1 Plataforma Arduino	33
2.6.2 Circuito Integrado 74HC595	36
2.6.3 Sensor de Proximidade Magnética.....	38
2.6.4 <i>Display</i> de Cristal Líquido	39
2.6.5 Motor de Geração de energia elétrica	40
2.6.6 Bateria	42
2.6.7 Reguladores de Tensão	42
2.6.8 Diodo	43
CAPÍTULO 3 DESENVOLVIMENTO	45
3.1 Visão Geral do Projeto	45

3.2	Descrição das Etapas	47
3.2.1	Bicicleta estacionária com motor gerador acoplado	47
3.2.2	Unidade de armazenamento e de recarga de dispositivos	50
3.2.3	Medidor de velocidade e de distância percorrida	52
3.2.4	Display LCD e Equalizador	54
CAPÍTULO 4 TESTES E RESULTADOS ALCANÇADOS		61
4.1	Velocidade X Tensão gerada	61
4.2	Velocidade X Equalizador	62
4.3	Teste de Tempo de Recarga de Dispositivos.....	63
CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		64
5.1	Conclusões.....	64
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	65
Referências		67
APÊNDICE A – Código da Interface do Usuário		69

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - USINA HIDRELÉTRICA DE ITAIPU.....	21
FIGURA 2.2 - USINA NUCLEAR ANGRA I.....	22
FIGURA 2.3 - FAZENDA EÓLICA	23
FIGURA 2.4 - PAINÉIS SOLARES	25
FIGURA 2.5 - PLATAFORMA ARDUINO UNO.....	34
FIGURA 2.6 - ESQUEMA ELÉTRICO DO ARDUINO UNO REVISÃO 3.....	35
FIGURA 2.7 - C.I. 74HC595	36
FIGURA 2.8 - DIAGRAMA DE PINOS DO 74HC595.....	37
FIGURA 2.9 - REED SWITCH	39
FIGURA 2.10 - DISPLAY LCD 16X02.....	40
FIGURA 2.11 - MOTOR GERADOR.....	41
FIGURA 2.12 - REGULADOR DE TENSÃO 7812	43
FIGURA 2.13 - DIODO	44
FIGURA 3.1 - VISÃO GERAL DO PROJETO, 1ª PARTE	45
FIGURA 3.2 - VISÃO GERAL DO PROJETO, 2ª PARTE	46
FIGURA 3.3 - DIAGRAMA DE BLOCOS DAS ETAPAS	47
FIGURA 3.4 - BICICLETA ESTACIONÁRIA	49
FIGURA 3.5 - POLIA DO MOTOR GERADOR	49
FIGURA 3.6 - AJUSTE DE PROXIMIDADE	50
FIGURA 3.7 - BATERIA.....	51
FIGURA 3.8 - REED SWITCH INSTALADO	53
FIGURA 3.9 - INTERFACE DO USUÁRIO NO PROTEUS.....	57
FIGURA 3.10 - TESTE DOS LEDS EM PROTOBOARD	58
FIGURA 3.11 - TESTE DO LCD EM PROTOBOARD	58
FIGURA 3.12 - ESQUEMA DO CIRCUITO NO ARES, FRENTE	59
FIGURA 3.13 - ESQUEMA DO CIRCUITO NO ARES, VERSO	59
FIGURA 3.14 - INTERFACE FINAL.....	60

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO POR REGIÃO (TWH)	29
TABELA 2.2 - CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE POR CLASSE: 1995 - 2012	30
TABELA 2.3 - SEQUÊNCIA DE EVENTOS NO 74HC595.....	37
TABELA 2.5 - DESCRIÇÃO DOS PINOS DO 74HC595	38
TABELA 4.1 - VELOCIDADE X TENSÃO X POTÊNCIA	61
TABELA 4.2 - VELOCIDADE X EQUALIZADOR	62

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1 GERAÇÃO ELÉTRICA POR REGIÃO NO MUNDO (%).....	27
GRÁFICO 2.2 - GERAÇÃO ELÉTRICA POR FONTE NO MUNDO (%)	28
GRÁFICO 2.3 - BENEFÍCIOS PSICOLÓGICOS PERCEBIDOS AO PRATICAR O CICLISMO INDOOR	32

LISTA DE SIGLAS

DCI – Diário Comércio Indústria & Serviços
EIA – Energy Information Administration
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
EPROM – Erasable Programmable Read Only Memory
FEM – Força Eletromotriz
GND – Ground
IDE – Integrated Development Environment
IEA – International Energy Agency
LCD – Liquid Crystal Display
LED – Light Emitting Diode
RAM – Random Access Memory
USB – Universal Serial Bus
USP – Universidade de São Paulo
WEO – World Energy Outlook

RESUMO

A proposta deste trabalho é desenvolver um sistema alternativo de geração de energia elétrica para pequenas cargas. O projeto utiliza um motor gerador de pequeno porte acoplado a uma bicicleta. A energia elétrica é gerada a partir do movimento do exercício, já que, quando o usuário pedala, a roda se move e, conseqüentemente, gira a polia do motor. A energia elétrica gerada é armazenada em uma bateria, que contém uma interface USB, para o carregamento de aparelhos móveis e também um voltímetro, com intuito de mostrar o nível de carga da bateria. O protótipo conta ainda com um sensor medidor de distância e um *display*, no qual o usuário terá acesso às informações da velocidade que está praticando e também da distância percorrida durante o exercício. Com o objetivo de mostrar ao usuário o grau de eficiência de geração no momento da atividade e estimulá-lo a manter um nível constante de intensidade do exercício, existe um equalizador composto por LEDs. A Plataforma Arduino é uma peça fundamental no projeto, uma vez que, controla a ação dos LEDs do equalizador e trata as informações advindas do sensor para que possam ser exibidas no *display*.

Palavras chave: Geração, Energia Elétrica, Motor, Bicicleta, Velocidade, Distância, Eficiência, Equalizador, Arduino.

ABSTRACT

The purpose of this work is to develop an alternative system of power generation for small loads. The project uses a small generator engine coupled to a bicycle. Power is generated by user's pedaling movements, and the bicycle wheel rotates the engine pulley. The generated electricity is stored in a battery containing an USB interface to recharge mobile devices and also a voltmeter, which shows the level of the battery. The prototype also has a distance measuring sensor and a display for users to access information such as speed and distance traveled while exercising. In order to stimulate the user, and show power generation efficiency during the activity, there is an equalizer composed of LEDs. The Arduino platform is the key of the project, since it controls the LEDs equalizer's operation mechanism and treats the information input by sensor so they can be shown on the display.

Keywords: Generation, Electric Power, Engine, Bicycle, Efficiency, Equalizer, Arduino.

CAPÍTULO 1 APRESENTAÇÃO

1.1 Introdução

No cenário atual, a disponibilidade de energia é um dos principais fatores de desenvolvimento de uma nação. Isso faz da energia um fator de grande importância para o desenvolvimento. Segundo dados do IEA (WEO, 2011), *International Energy Agency*, em 2009, cerca de 1,3 bilhões de pessoas, ou aproximadamente 20% da população do mundo, não tinha acesso à eletricidade. A energia sozinha não é suficiente para criar condições de crescimento, porém, é necessária. É quase impossível operar uma fábrica, abrir um comércio ou conservar alimentos sem alguma energia.

Segundo Branco (2004), a crescente necessidade de potenciais energéticos para todas as atividades humanas exige fontes de energia hidrelétrica ou térmica. Essas duas formas de captação de energia põem em risco o meio ambiente, por conta da inundação de grandes áreas florestais, pela queima de combustíveis e produção de gases tóxicos, ou ainda, pela geração de substâncias radiativas no meio ambiente.

Abordando outra perspectiva, também válida a este projeto, é importante ressaltar um estudo sobre inatividade física, realizado em 2012 pela revista médica *Lancet*, que conclui que o sedentarismo causa, direta ou indiretamente, cerca de 5,3 milhões de mortes por ano em todo mundo. Este mesmo estudo estima que, na América Latina, o estilo de vida sedentário é a causa de 11,4% das mortes por doenças cardíacas, diabetes, entre outras.

O projeto se encaixa neste escopo, já que tem por finalidade a geração de energia elétrica por meio da prática regular da atividade física. O usuário produzirá energia elétrica realizando o ciclismo. Dessa forma, espera-se que uma atividade estimule a outra.

1.2 Motivação

Em razão do aumento da demanda e dos efeitos colaterais advindos das formas tradicionais de geração de energia, o consumo racional e novas formas de geração são um dos assuntos mais discutidos no âmbito da temática sustentabilidade, uma vez que a maior parte da energia utilizada vem de fontes não renováveis.

Apesar do baixo incentivo do governo, faz-se necessário, então, o desenvolvimento de novas tecnologias de modo a causar menor impacto e maior produção.

Neste contexto, o projeto proposto visa o desenvolvimento de um sistema alternativo de geração de energia para pequenas cargas. Além da geração de energia de maneira limpa, o sistema indicado também engloba o meio das atividades físicas, uma vez que, para gerar energia, o usuário deverá pedalar em uma bicicleta modificada. Espera-se que a geração de energia sirva de incentivo ao usuário para que ele adquira o hábito saudável de praticar o ciclismo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral é desenvolver uma fonte alternativa de geração de energia elétrica, composta por uma bicicleta modificada. A energia gerada a partir das pedaladas dadas pelo usuário será armazenada e poderá ser utilizada para carregar aparelhos que utilizem pequenas cargas (5 a 10 Watts).

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos pautam-se em:

- Construir o módulo principal de geração de energia composto por um motor acoplado a uma bicicleta.
- Elaborar um *hardware* que realize a conexão do módulo principal a uma bateria, para que esta possa ser utilizada no carregamento de dispositivos móveis que utilizem pequenas cargas (5 a 10 Watts), tais como: celulares, *tablets* e *players* de música.
- Preparar um novo *hardware* que capte e disponibilize em um *display* informações de velocidade, distância percorrida e nível de carga da bateria.
- Desenvolver uma interface composta pelos indicadores de velocidade, distância percorrida e nível de carga da bateria, e um equalizador, composto por LEDs, com a finalidade de estimular o usuário a realizar o exercício e mostrar, de acordo com a velocidade atingida, o nível de intensidade da geração de energia daquele momento.

1.4 Metodologia

Para obter o resultado esperado, a atividade desenvolvida pelo usuário deve gerar energia elétrica. Esta energia deve ser armazenada e disponibilizada por uma interface, na forma exigida pelo aparelho que será recarregado. Também é preciso fazer com que o usuário saiba qual o nível de carga da bateria e o quanto já pedalou, para que ele decida se pode parar o exercício ou se ainda resta mais um pouco de esforço. Neste cenário, como metodologia para desenvolver o trabalho proposto, são delineadas as seguintes etapas:

1. A primeira etapa é composta pela geração de energia por meio do movimento das pedaladas. O movimento da roda da bicicleta, energia mecânica, fará girar a polia de um motor gerador.
2. A segunda etapa é composta pela armazenagem da energia gerada.
3. Na terceira etapa, um voltímetro, conectado à unidade de armazenamento, retornará informações sobre o nível de carga da bateria. Acoplada à bateria, haverá a interface de disponibilização da energia para que o usuário possa recarregar seu dispositivo.
4. A quarta etapa consiste na captação da velocidade e distância percorridas. Isso será alcançado utilizando-se a leitura de um sensor instalado na bicicleta.
5. Na quinta etapa, as informações adquiridas (velocidade e distância percorrida) serão mostradas em um *display* para que o usuário tenha conhecimento de seu desempenho.
6. Na sexta etapa entra em ação o equalizador composto por LEDs. No equalizador, à medida que o usuário aumentar a velocidade da pedalada e, conseqüentemente, aumentar o nível de geração de energia, as camadas se acenderão, uma por uma, até chegar ao topo, que indicará a velocidade ideal para a eficácia do gerador. Para que tudo isso funcione, será necessário o desenvolvimento de um código de programa para que o Arduino consiga processar todas as informações já descritas.
7. Por fim, serão realizados testes com o intuito de que tudo funcione em conjunto e que o objetivo geral seja alcançado.

1.5 Resultados esperados

Como resultado deste projeto, espera-se desenvolver uma fonte alternativa de energia elétrica, promovendo assim, uma melhoria na qualidade de vida e uma economia em relação aos gastos com energia elétrica, tendo em vista

que os usuários poderão recarregar seus aparelhos enquanto realizam uma atividade física.

No tocante ao desempenho, espera-se que o sistema seja capaz de gerar energia e armazená-la para que possa ser utilizada no recarregamento de dispositivos móveis.

Com relação ao equalizador que compõe este projeto, espera-se que este sirva de estímulo para que o usuário sempre tente manter uma intensidade regular na pedalada e, por conseguinte, na geração.

Este gerador de energia pode ser implantado tanto em academias quanto nos próprios lares das pessoas e, por ser construído com elementos relativamente baratos, pode ser replicado e utilizado onde o acesso à energia elétrica ainda é precário ou em lugares onde a média de renda da população é baixa.

1.6 Organização

No capítulo 2 é apresentado o referencial teórico sobre energia elétrica, suas formas de geração, sua importância nos dias atuais, dados sobre produção e consumo, conceitos e estudos sobre energia sustentável e referências em relação às atividades físicas, em especial, o ciclismo.

No capítulo 3 é exposto o desenvolvimento do protótipo. Este capítulo engloba a construção do módulo gerador, do módulo de armazenamento de energia, o desenvolvimento da interface de carregamento para pequenas cargas e também o desenvolvimento da interface de comunicação com o usuário. Neste capítulo também constam dados sobre os principais componentes que integram o protótipo.

No capítulo 4 serão explorados os testes realizados. Por meio de tabelas e gráficos, a eficiência do protótipo é comprovada.

No quinto e último capítulo, são exibidas as conclusões advindas do desenvolvimento, dos resultados de testes e do resultado final do projeto.

CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordada a teoria e o cenário que envolve este projeto. Conceitos de energia elétrica e sua importância, dados de geração e consumo, a questão ambiental, a importância dos exercícios físicos e uma introdução em relação aos principais componentes utilizados, são alguns dos assuntos abordados.

2.1 Energia Elétrica

Partindo do conceito emitido por Reis (2011), é possível descrever a energia elétrica como o resultado de um processo adequado de utilização das propriedades físico-químicas e eletromagnéticas da matéria, de modo a propiciar o funcionamento dos equipamentos desejados pela sociedade.

É importante ressaltar que a eletricidade, por implicar na transformação de outras fontes de energia obtidas por meio da utilização direta dos recursos naturais, é considerada uma forma secundária de energia.

As fontes primárias utilizadas na geração de energia elétrica são classificadas em renováveis e não renováveis.

Os autores Barbosa *et al.* (2013) classificam as fontes renováveis como sendo aquelas cuja reposição natural se dá de forma cíclica, ou seja, em velocidade igual ou mais rápida do que sua utilização energética. Os riscos de esgotamentos destas fontes são menores. Exemplos de fontes renováveis são as águas dos rios, ventos e sol. Em relação às fontes não renováveis, os autores afirmam que, como seu próprio nome já diz, são aquelas passíveis de esgotamento ao longo do tempo, por serem utilizadas a uma velocidade muito maior que as centenas de anos necessários para sua formação. São exemplos de fontes não renováveis os combustíveis radioativos, os derivados de petróleo e o gás natural.

2.2 Geração de energia

Dada à importância da energia elétrica na vida dos seres humanos, fez-se necessário o desenvolvimento de tecnologias de produção e armazenamento em larga escala.

Parafraseando os autores Reis, Fadigas e Carvalho (2005), basicamente, há duas formas para se produzir eletricidade. Estática é a primeira. É denominada desta forma por não necessitar o uso de peças móveis. É conseguida diretamente de recursos naturais, decorrente da utilização de tecnologias de transformação direta de um meio de energia a outro.

A segunda forma de produção, de acordo com Barbosa *et al.* (2013), se baseia na utilização de peças móveis e na característica de certos materiais conduzirem energia elétrica quando postos em movimento dentro de um campo magnético. Neste caso, é necessário um estágio anterior de produção para se adquirir energia mecânica ou movimento.

Vejamos agora algumas das formas mais utilizadas de geração de energia, e como se dá a produção de energia em cada uma delas.

2.2.1 Hidrelétricas

De acordo com Balarim *et al.* (2004), nas centrais hidrelétricas, Figura 2.1, a água é utilizada como fonte do movimento das turbinas, ou seja, fonte de energia mecânica. Ao acionar uma turbina hidráulica, acontece a transformação da energia hidráulica em mecânica. Esta turbina movimenta o rotor de um gerador elétrico. Devido às interações eletromagnéticas ocorridas em seu sistema, há a transformação da energia mecânica em elétrica.



Figura 2.1 - Usina Hidrelétrica de Itaipu (Fonte: www.corbisimages.com)

Ainda segundo os autores, neste modelo, a produção de energia elétrica depende, dentre outros fatores, da vazão de água utilizada para produzir este movimento. Para que se possa regular a potência elétrica do conjunto, são usados reguladores de tensão e de velocidade. O regulador de velocidade é de grande importância, pois atua na válvula de entrada de água da turbina.

Para Reis (2011), os impactos negativos causados pela instalação de usinas hidrelétricas são geralmente associados ao tamanho dos reservatórios de água. Para se construir estes reservatórios, podem ser necessários o desvio de rota de rios e córregos e inundação de grandes áreas. Estes fatores podem causar instabilidade nas encostas dos rios ou do próprio reservatório e, também, podem afetar comunidades nas quais os rios são o único meio de obtenção de recursos como água e comida.

2.2.2 Termelétricas

O funcionamento das centrais termelétricas, Figura 2.2, em muito se assemelha ao das hidrelétricas. Em conformidade com Pecora (2006), o processo fundamental é baseado na conversão de energia térmica em mecânica e esta em elétrica. A produção de energia térmica pode se dar ou pela transformação da

energia nuclear dos combustíveis radioativos (fissão nuclear), ou pela transformação da energia química dos combustíveis decorrente da combustão. O calor gerado pelas transformações faz com que a água vire vapor e este vapor mova as turbinas térmicas. As turbinas térmicas movimentam o rotor de um gerador elétrico e a energia elétrica é gerada.

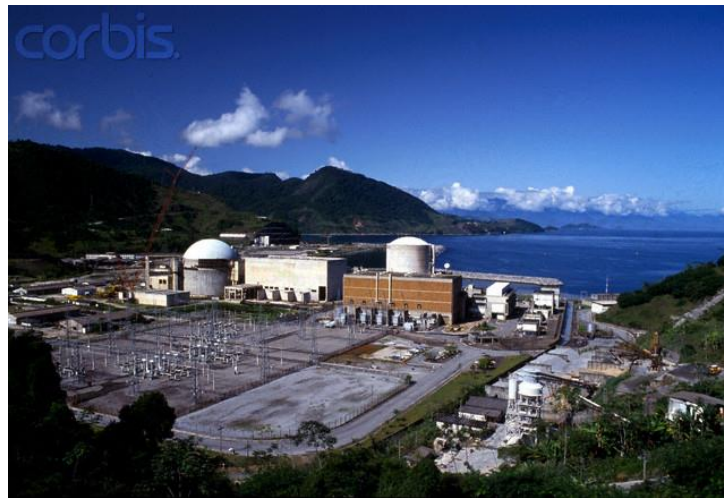


Figura 2.2 - Usina Nuclear Angra I (Fonte: www.corbisimages.com)

Reis (2011) aponta alguns pontos negativos. Tanto a queima de combustíveis fósseis como o manuseio de materiais radioativos apresentam grandes riscos para as regiões nas quais estão instaladas as usinas. A queima envolve a liberação de diversos gases poluentes e a estocagem de materiais nucleares está sujeita a vazamentos que podem ser causados por causas naturais, como ocorrido após um terremoto na usina de Fukushima em 2011, ou por falhas de manutenção, como a ocorrida em 1986 na usina soviética de Chernobyl. Após ambos os acidentes nucleares, as regiões próximas às usinas tiveram que ser isoladas e assim permanecem até hoje, devido às altas taxas de radioatividade.

Outro fator de risco é a necessidade de resfriamento do sistema. No caso de refrigeração por circulação direta, podem ocorrer problemas na biodiversidade relacionada à fonte de água, em função da elevação da temperatura da água na saída em relação à entrada.

2.2.3 Centrais Eólicas

Os sistemas de geração eólicos, Figura 2.3, são vistos atualmente como uma alternativa muito menos agressiva ao meio ambiente e com perspectivas de produzir quantidades consideráveis de energia.



Figura 2.3 - Fazenda Eólica (Fonte: www.corbisimages.com)

De acordo com Campos (2004), energia elétrica é resultado da conversão da energia eólica em mecânica, por meio de um rotor com hélices, e esta energia mecânica faz girar o eixo de um gerador de eletricidade. A energia eólica nada mais é do que a energia cinética contida no movimento dos ventos.

Campos (2004) afirma que o conhecimento da velocidade média do vento é fundamental para o cálculo da energia gerada, e também para estimar o dimensionamento do sistema de armazenamento. Por conta disso, há um sistema de controle formado por uma série de sensores com a finalidade de obter dados necessários para garantir o funcionamento seguro e o melhor desempenho do sistema.

Pontos negativos relacionados às centrais eólicas existem, porém são praticamente nulos quando comparados aos impactos das centrais hidrelétricas ou termelétricas. Reis (2011) cita os ruídos causados pela alta rotação das pás do rotor

de energia mecânica e possíveis colisões de pássaros, como exemplos destes pontos.

2.2.4 Sistemas solares fotovoltaicos

Rodrigues, Teixeira e Braga (2003) e Reis (2011) classificam estes sistemas como sendo um dos mais famosos exemplos dos sistemas de produção estáticos. Utilizando-se células fotovoltaicas, é possível converter energia solar em eletricidade de maneira direta. Neste sistema, painéis são formados pelo agrupamento de módulos fotovoltaicos, nos quais ocorre o efeito fotovoltaico. As aplicações são divididas em: Sistemas autônomos isolados, em que não há ligação à rede elétrica, sendo a energia gerada utilizada diretamente, por exemplo, para aquecer a água de um chuveiro ou ligar a bomba de uma piscina; Sistemas autônomos híbridos, que também estão isolados da rede elétrica, porém contam com mais de uma forma de geração de energia, por exemplo, turbinas eólicas, em conjunto com a fotovoltaica; e Sistemas conectados à rede, os quais não utilizam armazenamento de energia, já que toda a potência gerada é entregue à rede.

Apesar dos preços de sistemas fotovoltaicos estarem em franco decréscimo, este mercado ainda é apenas uma pequena parte do que poderia ser. (REIS, 2011).

Em se tratando de impactos à natureza, Reis (2011) considera que não há razão para acreditar que o uso de sistemas fotovoltaicos, Figura 2.4, em larga escala implicará danos ao meio ambiente se todos os cuidados forem tomados antecipadamente, uma vez que, os maiores problemas se encontram na produção das células.



Figura 2.4 - Painéis Solares (Fonte: www.corbisimages.com)

2.3 Energia elétrica e Sustentabilidade

Os autores Reis, Fadigas e Carvalho (2005) sustentam a tese de que os impactos ambientais causados, em parte, por algumas das formas de geração de energia elétrica mais usuais, têm causado o aquecimento global, evidenciado por grandes catástrofes, tais como enchentes, secas, aumento da temperatura e consequente derretimento das geleiras.

Estudiosos, porém, se dividem quanto à verdadeira causa destes eventos atípicos. Há os que defendam que estes eventos que ocorrem no planeta em nada se relacionam com o impacto dos seres humanos. Ricardo Augusto Felício, doutor em Climatologia pela Universidade de São Paulo (USP), em entrevista ao Diário Comércio Indústria & Serviços (DCI), afirma que:

A história do aquecimento global é baseada em um conceito físico que não existe, e não se consegue fazer evidência desta existência. É uma grande balela. Os cientistas perguntam onde estão as provas desta existência, e o lado de lá [cientistas e ambientalistas que acreditam] há 26 anos não nos apresentam (FELÍCIO, 2012).

Apesar de haver esta linha de pensamento, muitas pessoas se veem assustadas e, por conta disso, de acordo com os autores Reis e Silveira (2000), tem crescido a conscientização sobre as significantes interferências que sistemas humanos impõem sobre sistemas naturais, sobre o desequilíbrio ambiental que estas interferências podem causar, e os impactos irreversíveis que tal desequilíbrio pode ter sobre sistemas humanos.

A mudança de pensamento não diz respeito apenas à questão ambiental. Como visto anteriormente, a energia elétrica, por depender das fontes primárias para ser obtida, é considerada uma energia secundária. Uma grande parcela destas fontes primárias, não renováveis, está se esgotando. O temor de uma possível falta de energia elétrica no futuro próximo também tem causado uma reflexão em relação ao desenvolvimento de formas de geração de energia que não necessitem de fontes não renováveis.

2.4 Histórico da geração de energia elétrica e energias renováveis

Para atender as sempre crescentes demandas de energia mundo afora, os números da geração de energia elétrica também crescem ao longo do tempo. O Gráfico 2.1, retirado do Anuário estatístico de energia elétrica 2013, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), nos mostra como se deu a evolução da geração de energia elétrica no mundo por região, comparando dados de 1980 e de 2010.

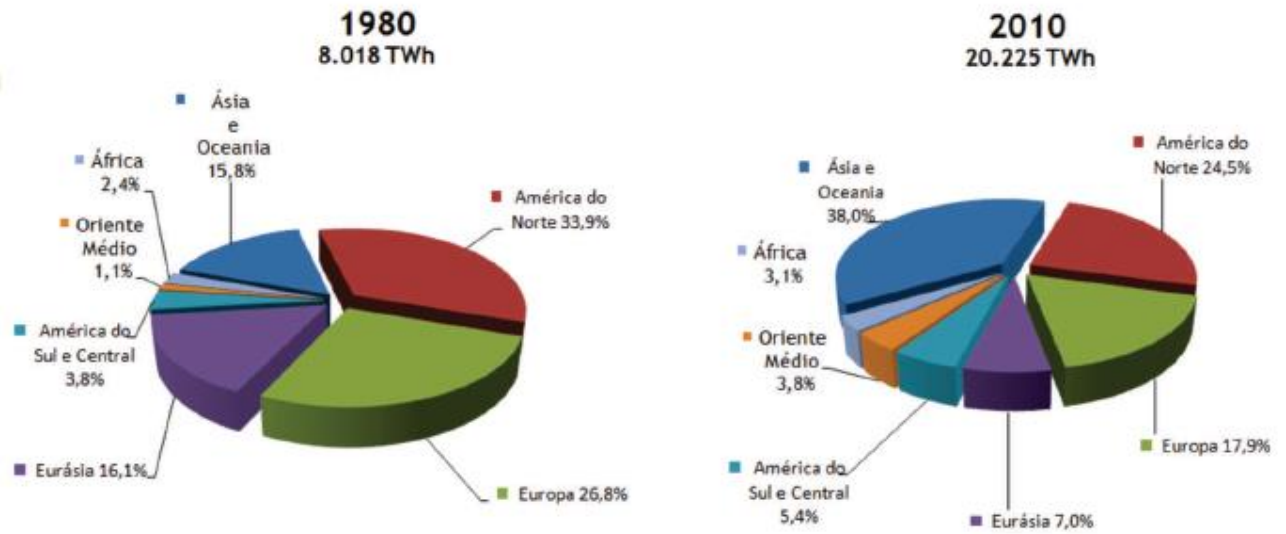


Gráfico 2.1 Geração elétrica por região no mundo (%) (Fonte: IEA)

No Gráfico 2.2, podemos observar como o aumento na geração de energia se dividiu entre as diversas fontes, dentre elas: Térmica, hidrelétrica, nuclear, solar, eólica, geotérmica e biomassa, novamente comparando os cenários de 1980 e 2010.

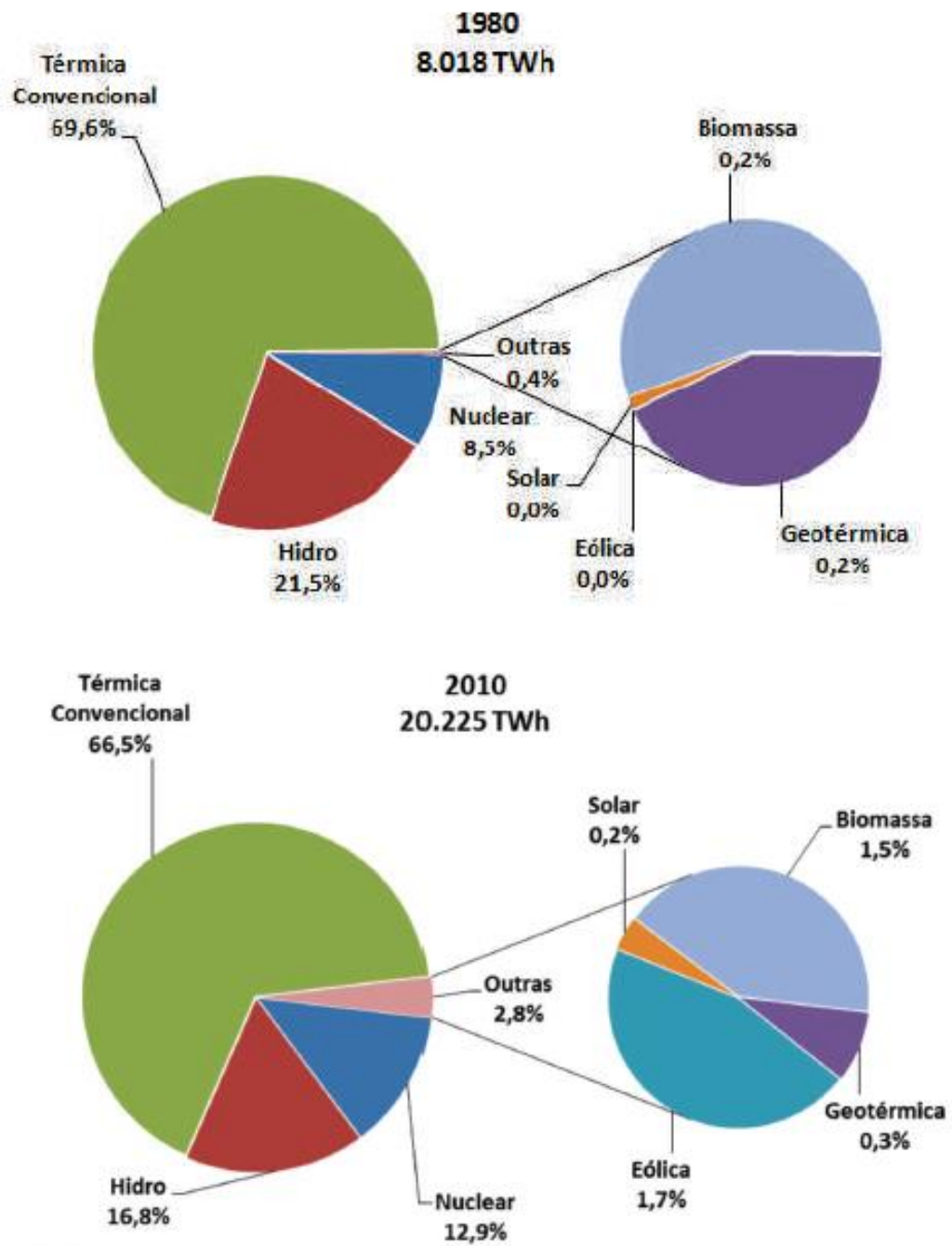


Gráfico 2.2 - Geração elétrica por fonte no mundo (%) (Fonte: EIA)

Podemos observar que a porcentagem de geração advinda de fontes alternativas cresceu bastante neste intervalo de tempo. Isso se deve a vários fatores, dentre eles a maior consciência em relação aos riscos das gerações térmicas e nucleares.

O consumo, como dito anteriormente, também teve um aumento considerável em escala global. Olhando para a Tabela 2.1, que traz comparações de dados do consumo de energia elétrica no mundo por região, verifica-se este aumento.

Tabela 2.1 - Consumo de energia elétrica no mundo por região (TWh) (Fonte: EIA)

	2006	2007	2008	2009	2010	$\Delta\%$ (2010/09)	Part. % (2010)
<i>Mundo</i>	16.391,5	17.151,4	17.445,0	17.360,3	18.466,5	6,4	100,0
<i>Ásia & Oceania</i>	5.490,6	6.000,2	6.198,5	6.473,9	7.052,7	8,9	38,2
<i>América do Norte</i>	4.543,9	4.630,5	4.601,9	4.422,4	4.599,6	4,0	24,9
<i>Europa</i>	3.306,4	3.345,1	3.378,2	3.219,0	3.369,7	4,7	18,2
<i>Eurásia</i>	1.194,2	1.226,8	1.243,6	1.181,1	1.246,0	5,5	6,7
<i>América do Sul e Central</i>	806,1	844,6	874,3	877,6	929,7	5,9	5,0
<i>Oriente Médio</i>	557,2	582,9	622,6	656,2	709,2	8,1	3,8
<i>África</i>	493,2	521,4	525,8	530,0	559,6	5,6	3,0

A Tabela 2.2 dispõe dos dados do consumo de energia elétrica no Brasil, por classe de consumo, desde 1995 até 2012. Podemos ressaltar a queda de consumo em 2001, resultante do apagão ocorrido. Na época, campanhas de racionamento pós-apagão diminuíram principalmente o consumo residencial. E também uma queda em 2009, por conta do ápice da crise econômica mundial que gerou reflexos negativos na produção industrial, e uma consequente redução do consumo desta classe.

Tabela 2.2 - Consumo nacional de energia elétrica na rede por classe: 1995 - 2012 (Fonte: EPE)

CONSUMO (GWh)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
BRASIL	243.074	257.330	273.280	284.522	292.188	307.529	283.257	293.226	306.987
RESIDENCIAL	63.576	68.581	74.089	79.340	81.291	83.613	73.622	72.718	76.162
INDUSTRIAL	111.626	117.128	121.717	121.979	123.893	131.278	122.539	130.927	136.221
COMERCIAL	32.276	34.388	38.198	41.544	43.588	47.626	44.434	45.222	47.531
OUTROS	35.596	37.234	39.276	41.659	43.416	45.011	42.663	44.359	47.073
CRESCIMENTO (%)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
BRASIL	7,8	5,9	6,2	4,1	2,7	5,3	-7,9	3,5	4,7
RESIDENCIAL	13,6	7,9	8,0	7,1	2,5	2,9	-11,9	-1,2	4,7
INDUSTRIAL	4,0	4,9	3,9	0,2	1,6	6,0	-6,7	6,8	4,0
COMERCIAL	11,9	6,5	11,1	8,8	4,9	9,3	-6,7	1,8	5,1
OUTROS	6,7	4,6	5,5	6,1	4,2	3,7	-5,2	4,0	6,1
CONSUMO (GWh)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012*
BRASIL	329.707	344.284	356.129	377.030	388.472	384.306	415.683	433.034	448.276
RESIDENCIAL	78.470	82.644	85.784	89.885	94.746	100.776	107.215	111.971	117.567
INDUSTRIAL	154.163	158.610	163.180	174.369	175.834	161.799	179.478	183.576	183.471
COMERCIAL	49.686	53.035	55.369	58.647	61.813	65.255	69.170	73.482	79.286
OUTROS	47.389	49.995	51.796	54.129	56.079	56.477	59.820	64.006	67.952
CRESCIMENTO (%)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012*
BRASIL	7,4	4,4	3,4	5,9	3,0	-1,1	8,2	4,2	3,5
RESIDENCIAL	3,0	5,3	3,8	4,8	5,4	6,4	6,4	4,4	5,0
INDUSTRIAL	13,2	2,9	2,9	6,9	0,8	-8,0	10,9	2,3	-0,1
COMERCIAL	4,5	6,7	4,4	5,9	5,4	5,6	6,0	6,2	7,9
OUTROS	0,7	5,5	3,6	4,5	3,6	0,7	5,9	7,0	6,2

2.5 Exercícios físicos

A atividade física acompanha o homem desde os primórdios da humanidade. Há milênios, a atividade física permitia que o homem sobrevivesse, possibilitava as atividades diárias de caça e pesca e, ainda, que ele se defendesse ou fosse capaz de fugir. Numa sociedade sem carros, armas de fogo, e outras tantas invenções que facilitaram a vida, o esforço físico e o trabalho muscular eram essenciais para a continuidade da espécie.

Atualmente, a vida caminha num ritmo frenético. Muitas vezes o indivíduo não encontra tempo para a prática de atividades físicas que mantenham a saúde do corpo e da mente. Com a tecnologia alcançada pela humanidade, é possível passar dias, semanas, e até meses sem que seja preciso realizar grandes esforços físicos. Não há mais relação entre o esforço físico e a garantia de sobrevivência da espécie.

Por um lado, o avanço tecnológico, exemplificado pelo uso de máquinas, eletrônicos e meios de locomoção, contribuiu para fornecer mais informação acerca do mundo e conforto. Por outro lado, esse avanço é responsável por um indivíduo com vida menos ativa e mais sedentária.

Suraya Cristina Darido e Osmar Moreira de Souza Junior, que escreveram juntos “Para ensinar Educação Física” (2007), propõem que em nenhum outro momento da história a atividade física esteve tão relacionada à saúde, sendo reconhecida e recomendada por profissionais da medicina, da motricidade, da psicologia, da fisioterapia, entre outros. Segundo os autores, a ideia que as atividades físicas geram benefícios à saúde é incontestável.

Darido e Souza Junior (2007) colocam, ainda, que o sedentarismo, característica marcante da modernidade, tem sido apontado como principal responsável pelo aumento de risco de doenças crônicas e que, segundo estudos, essas doenças são quase duas vezes mais comuns em pessoas inativas do que em pessoas que se exercitam.

Conforme os autores, há três principais efeitos dos benefícios oriundos da atividade física. Em primeiro lugar, têm-se os efeitos antropométricos e neuromusculares. Eles são relacionados à diminuição da gordura do corpo, aumento da massa e força muscular, fortalecimento dos tecidos conectivos e incremento da densidade óssea e da flexibilidade. Em segundo há os efeitos metabólicos. Eles consistem na diminuição da pressão arterial e da frequência cardíaca, aumento da potência aeróbica e da ventilação pulmonar e melhora da sensibilidade à insulina. Por último há os efeitos psicológicos, que seriam a melhora na autoestima, diminuição do estresse, ansiedade e insônia, melhora na tensão muscular, nas funções cognitivas e de socialização.

Para os autores, esses efeitos têm mostrado benefícios no controle de tratamento e na prevenção de doenças como diabetes, enfermidades cardíacas e respiratórias, obesidade, dores crônicas, e desordens mentais e psicológicas.

2.5.1 Ciclismo

Em estudo realizado por Deschamps e Filho (2005), demonstrou-se que, em relação aos benefícios psicológicos que os indivíduos percebem ao praticarem o ciclismo indoor, está a melhora na autoestima, decorrente de: alterações do peso e apetite, sensação de bem estar físico, disposição para as atividades diárias, alívio da tensão e descontração. Todos estes dados podem ser vistos no Gráfico 2.3:

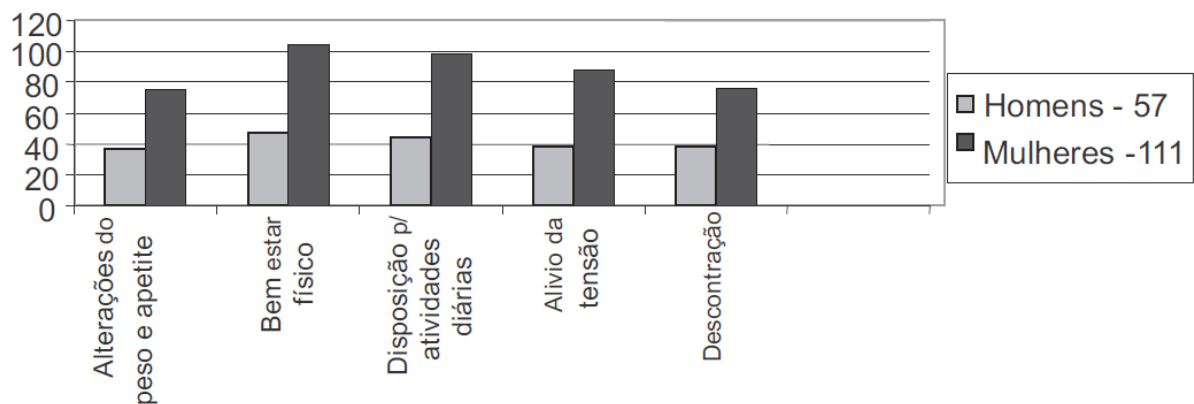


Gráfico 2.3 - Benefícios psicológicos percebidos ao praticar o ciclismo indoor (Fonte: DESCHAMPS; FILHO (2005, p.31))

2.6 Elementos principais que compõem o protótipo

Neste item, será abordada a teoria que envolve os principais componentes utilizados no desenvolvimento do protótipo. Mais detalhes sobre o uso de cada componente, e sobre cada uma de suas funções no projeto serão abordados no capítulo 3, Desenvolvimento.

2.6.1 Plataforma Arduino

Em resumo, o Arduino, de acordo com McRoberts (2011), é um pequeno computador, o qual é possível programar para processar dispositivos de entrada e/ou saída externos conectados a ele. É uma plataforma de computação embarcada, ou seja, realiza um conjunto de tarefas predefinidas, podendo interagir com seu ambiente por meio de *hardware* e *software*.

Foi desenvolvido originalmente como recurso de auxílio no ensino de estudantes. Adiante, em 2005, foi lançado comercialmente por Massimo Banzi e David Cuartielles. Desde seu lançamento, o Arduino se tornou um produto muito bem-sucedido, por conta de sua facilidade de uso e durabilidade (MONK, 2013).

Para fazer a comunicação entre o Arduino e um computador, e passar toda a programação que o instruirá a realizar a tarefa desejada, é necessário um *software* IDE (Integrated Development Environment). Este *software* é um programa executado no computador que possibilita a criação de *sketches*, ou códigos, para a placa Arduino. Estes *sketches* são escritos em uma linguagem de fácil entendimento chamada *Wiring*, derivada da linguagem *Processing*. Depois de criado, é feito um *upload* do *sketch* para a placa, o código escrito é traduzido para a linguagem C, e este novo código é transmitido a um compilador que realiza a tradução final dos comandos para uma linguagem compreendida pelo microcontrolador (BANZI, 2011).

Na Figura 2.5, é possível observar a placa do Arduino UNO, último modelo da série mais popular de placas Arduino, e o escolhido para este projeto. Representado pelo número 1 está o conector USB, responsável pela comunicação do Arduino com o computador. O número 2 é o conector de alimentação do Arduino. Os conectores de alimentação elétrica estão indicados pelo número 3. Estes pinos fornecem diversas tensões, conforme impresso na placa, e servem para ligar componentes ao Arduino. Indicadas pelo número 4 estão as entradas analógicas que podem ser utilizadas para medir a tensão que está sendo aplicada a cada pino, ou como entradas ou saídas digitais. O microcontrolador ATmega328, número 5, é o dispositivo preto com 28 pinos. Este é o coração do Arduino, uma vez que contém: Processador, memória RAM (Random Access Memory) para guardar dados e memória EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) que armazena os

programas. O botão RESET representado pelo número 6 faz com que o microcontrolador seja reinicializado, começando a executar o código desde o início. Vale ressaltar que existe um conector RESET, que tem a mesma função do botão de mesmo nome, entre os conectores de alimentação elétrica. Por último, o número 7 indica as conexões digitais que podem ser utilizadas como entradas ou saídas. Quando utilizadas como saída, se comportam como os conectores de alimentação elétrica de 5 volts. Entre os conectores digitais e os de alimentação elétrica também existem conectores GND (Ground ou Terra) que possuem 0 volts (MONK, 2013).

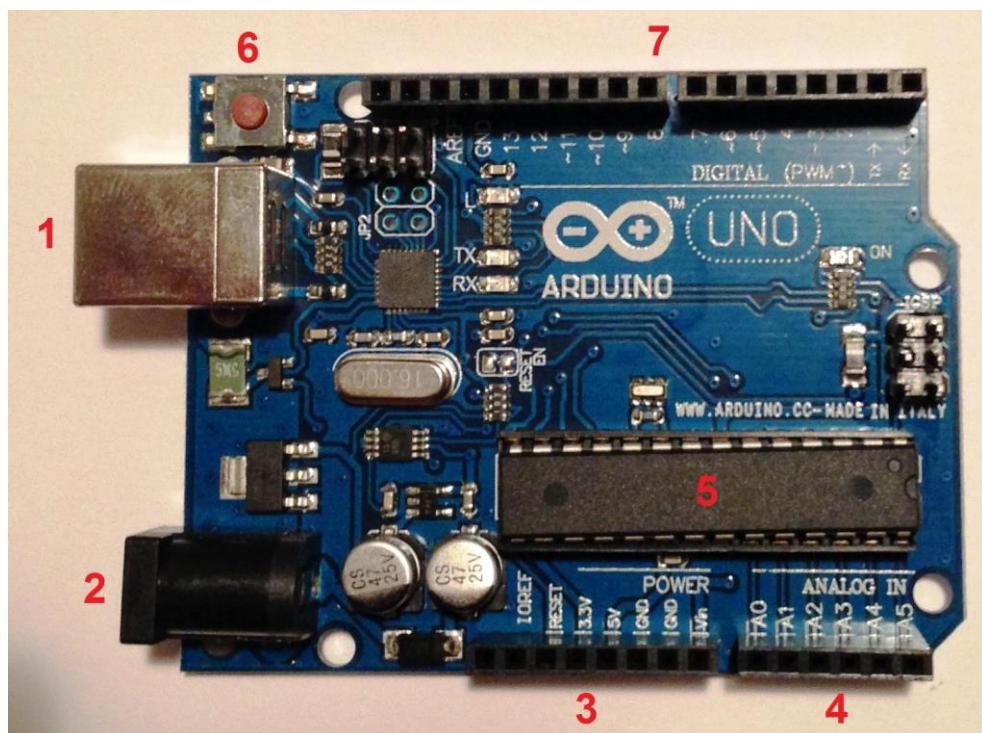


Figura 2.5 - Plataforma Arduino UNO (Fonte: Autor)

Na Figura 2.6 é possível ver o esquema elétrico do Arduino UNO revisão 3, utilizado no projeto.

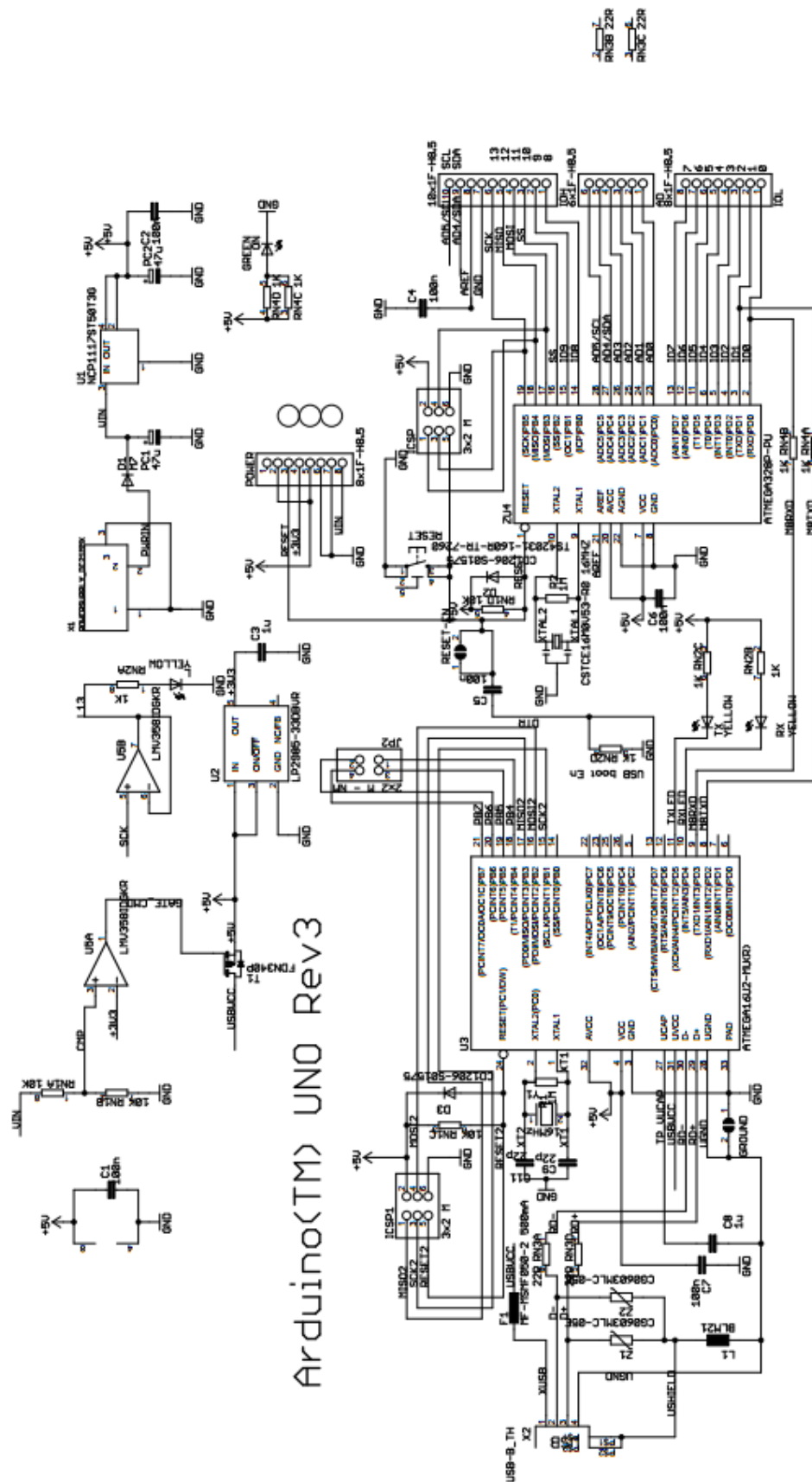


Figura 2.6 - Esquema elétrico do Arduino UNO revisão 3 (Fonte: http://arduino.cc/en/uploads/main/arduino_Uno_Rev3-schematic.pdf)

2.6.2 Circuito Integrado 74HC595

De acordo com o autor McRoberts (2011), o 74HC595, Figura 2.7, é um registrador de deslocamento. Utilizando este componente, é possível enviar dados em série ao registrador e mandar estes dados para fora em paralelo.



Figura 2.7 – Circuito Integrado 74HC595 (Fonte: Autor)

O 74HC595 é um registrador de 8 bits que possui entrada serial, saídas serial ou paralela e travas chamadas *Latches*. Como pode ser visto na Tabela 2.3, o registrador recebe os dados quando o *Latch* está em estado *LOW*, e saem do registrador quando o *Latch* está em estado *HIGH*. Desta maneira, os dados são transferidos ao 74HC595, um bit de cada vez, e então são enviados para fora 8 bits ao mesmo tempo. Na entrada, os bits são deslocados em fila, logo, se já houverem 8 bits no registrador e um nono bit for enviado sem que antes o *Latch* seja definido como “HIGH”, o primeiro bit será deslocado e perdido.

Tabela 2.3 - Sequência de eventos no 74HC595 (Fonte: McRoberts, 2011)

Pino	Estado	Descrição
Latch	LOW	Latch abaixado para permitir que os dados entrem
Dados	HIGH	Primeiro bit de dado
Clock	HIGH	Clock vai para HIGH. Dados armazenados
Clock	LOW	Pronto para o próximo bit. Impede novos dados
Dados	HIGH	2º bit de dado
Clock	HIGH	2º bit armazenado
...
Dados	LOW	8º bit de dado
Clock	HIGH	8º bit armazenado
Clock	LOW	Impeça que novos dados sejam armazenados
Latch	HIGH	Envie os 8 bits em paralelo

Para construir o equalizador, foi necessário o uso deste circuito integrado, pois a plataforma Arduino não dispunha de saídas digitais suficientes para comandar tantos LEDs ao mesmo tempo.

A Figura 2.8 e a Tabela 2.4, trazem, respectivamente, o diagrama dos pinos do circuito integrado em questão e suas respectivas descrições.

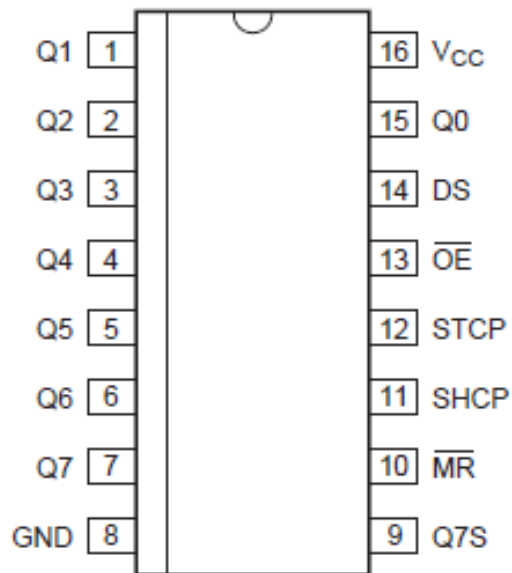


Figura 2.8 - Diagrama de pinos do 74HC595 (Fonte: Product Data Sheet)

Tabela 2.4 - Descrição dos pinos do 74HC595 (Fonte: Product Data Sheet)

Símbolo	Pino	Descrição
Q1	1	Parallel data output 1
Q2	2	Parallel data output 2
Q3	3	Parallel data output 3
Q4	4	Parallel data output 4
Q5	5	Parallel data output 5
Q6	6	Parallel data output 6
Q7	7	Parallel data output 7
GND	8	Ground (0 V)
Q7S	9	Serial data output
MR	10	Master reset (active LOW)
SHCP	11	Shift register clock input
STCP	12	Storage register clock input
OE	13	Output enable input (active LOW)
DS	14	Serial data input
Q0	15	Parallel data output 0
Vcc	16	Supply Voltage

2.6.3 Sensor de Proximidade Magnética

Sensores são componentes sensíveis a alguma energia do ambiente. Normalmente, as informações adquiridas do sensor devem ser manipuladas antes de sua utilização pelo sistema de controle. Os sensores de proximidade magnética se baseiam na conversão de um campo magnético em um sinal elétrico. Estes sensores fazem uso do *Reed Switch*, Figura 2.9, e de um ímã. A presença do ímã na região do *Reed Switch* ativa uma chave e faz com que um sinal seja enviado ao controle (THOMAZINI e ALBUQUERQUE, 2005).



Figura 2.9 - Reed Switch (Fonte: www.huinfinito.com.br)

Este sensor será utilizado para coletar informações de uma determinada distância em um intervalo de tempo variável. De posse destas informações, será possível descobrir a distância percorrida e também a velocidade praticada no momento da atividade.

2.6.4 Display de Cristal Líquido

O *display* de cristal líquido, ou LCD, Figura 2.10, é formado por uma grade de *pixels*, organizados em grades menores que formam cada caractere. O LCD utilizado, 16 x 2, tem 16 grades de caracteres em duas linhas. Este tipo de display trabalha utilizando as características de modulação da luz nos cristais líquidos que preenchem os *pixels*. Os *pixels* que constituem o *display* são posicionados à frente de uma fonte luminosa traseira. Os cristais são impressados em camadas entre filtros polarizadores. De acordo com a alteração da corrente atuante sobre as linhas e colunas das camadas, é possível alterar a posição dos cristais e conseguir o alinhamento desejado.



Figura 2.10 - Display LCD 16X02 (Fonte: www.huinfinito.com.br)

Este *display* será empregado na interface de comunicação com o usuário. Nele será possível ver a velocidade de momento e a distância percorrida a partir do início do exercício.

2.6.5 Motor de Geração de energia elétrica

O tipo mais comum de motor gerador é o dínamo. O dínamo age por meio da indução magnética, convertendo energia mecânica em energia elétrica. A indução magnética é caracterizada pelo aparecimento de uma corrente elétrica induzida por conta da variação do fluxo magnético existente em uma região onde haja um circuito elétrico. A corrente induzida circula pelo circuito livremente devido a uma diferença de potencial a qual se denomina tensão induzida (LUCAS *et al.*, 2013).

Existem duas leis que embasam a indução eletromagnética. A lei de Lenz, que afirma “O sentido da corrente elétrica induzida deve ser aquele que permita a essa corrente criar um fluxo induzido que se oponha à variação do fluxo indutor”. E a lei de Faraday que diz “Quando um fluxo magnético, envolvido por um circuito

elétrico, variar no decorrer do tempo surgirá nos terminais desse circuito uma força eletromotriz (F.E.M.) induzida. Fechando-se os terminais desse circuito irá circular uma corrente elétrica induzida” (LUCAS *et al.*, 2013).

A energia mecânica aplicada ao eixo do dínamo faz girar um rotor, onde se encontram os ímãs. Este rotor gira ao redor de uma bobina fixa. É gerado então um campo com fluxo variável. Esta variação é que cria a corrente induzida. Quando aumentada ou diminuída, há uma mudança no fluxo. Se o fluxo for máximo, a corrente e a força eletromagnética são nulas. Isso provoca uma mudança de sentido na corrente, pois o campo magnético, gerado pela corrente induzida, exerce forças contrárias à rotação do ímã. A corrente alternada é caracterizada por esta mudança de sentido (MCROBERTS, 2011).

Em um gerador de corrente contínua, um anel comutador faz com que o sentido da corrente se alterne, de modo que esta corrente permaneça unidirecional, independente de qual for o sentido da força eletromotriz induzida pelo campo eletromagnético (LUCAS *et al.*, 2013)

No protótipo, o motor gerador, Figura 2.11, foi utilizado para que fosse possível alcançar o objetivo principal: gerar energia elétrica.



Figura 2.11 - Motor Gerador (Fonte: Autor)

2.6.6 Bateria

Essenciais nos aparelhos eletrônicos portáteis, as baterias são uma fonte de energia móvel e possibilitam a utilização de diversos dispositivos quando não é possível que eles estejam conectados à uma tomada.

As baterias são geradores elétricos que transformam a energia química liberada nas reações que acontecem em seu interior em energia elétrica. Pelo fato de estas reações químicas terem de acontecer em um determinado sentido, estes geradores elétricos possuem um polo positivo, maior potencial, e um polo negativo, menor potencial, bem definidos - Estes polos são simbolizados por “+” e “-”, respectivamente (EL GHAOURI, 2014).

Dessa maneira, o sentido do movimento dos portadores de carga elétrica ao longo do condutor é sempre igual, e, como consequência, a corrente elétrica proveniente destas baterias é contínua (EL GHAOURI, 2014).

As baterias podem ser classificadas como primárias, aquelas as quais não podem ser recarregadas, e secundárias, aquelas que podem ser recarregadas. As pilhas comuns são exemplos de baterias primárias e as baterias de carro e de celular são exemplos de baterias secundárias (EL GHAOURI, 2014).

Neste projeto, a bateria será utilizada para armazenar a energia produzida no motor gerador. Desta forma, o usuário poderá recarregar seu dispositivo durante ou após a atividade física.

2.6.7 Reguladores de Tensão

Reguladores de tensão são componentes que ajustam e mantêm constante a tensão de saída em relação à tensão de entrada. Por exemplo, os reguladores na forma de circuitos integrados ocupam menor espaço por serem mais compactos. Existem vários tipos de reguladores, dentre eles os da família 78XX, que funcionam para tensões positivas. No nome 78XX, o “XX” representa a tensão de

saída do regulador, por exemplo, nos 7812, Figura 2.12, a tensão de saída é de 12 volts (WENDLING, 2009).

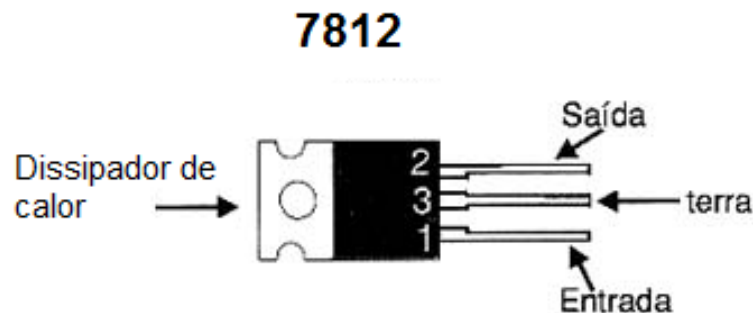


Figura 2.12 - Regulador de Tensão 7812 (Fonte: Autor)

No protótipo, foi utilizado um regulador de tensão entre a bateria e o motor gerador, uma vez que, a tensão gerada pelo motor oscilava de acordo com o ritmo que o usuário pedalava e isso poderia causar danos aos componentes. Também, em alguns momentos, a tensão era muito maior do que a indicada para alimentar a bateria. Logo, foi necessário um meio regulador para ajustar esta tensão.

2.6.8 Diodo

O diodo é um componente que possibilita o fluxo de corrente em uma única direção. Caso a corrente tente voltar na direção contrária, ele a impede. Possui uma faixa branca perto do terminal negativo. Esta faixa representa uma barreira. A eletricidade corre através do diodo pelo terminal que não tem a barreira. Quando a voltagem é revertida e tenta fluir pelo lado que tem a faixa, há uma interrupção na corrente (MCROBERTS, 2011).

Em relação ao projeto, como o motor gerador estará ligado diretamente à bateria, se não fosse utilizado um diodo, quando o usuário parasse de pedalar, a energia acumulada na bateria fluiria no sentido oposto e ligaria o motor. A Figura 2.13 mostra um diodo semelhante ao utilizado no projeto.



Figura 2.13 - Diodo (Fonte: www.huinfinito.com.br)

CAPÍTULO 3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será abordado detalhadamente o desenvolvimento do protótipo idealizado. Passo a passo da construção, problemas encontrados e soluções aplicadas são alguns dos tópicos tratados.

3.1 Visão Geral do Projeto

Basicamente, o protótipo se divide em duas partes: A primeira parte, como pode ser visto na Figura 3.1, é constituída pelo módulo gerador de energia. O número 1 representa a armação estacionária da bicicleta, para que o usuário possa praticar o exercício sem sair do lugar. O número 2 indica o motor gerador de energia elétrica. Conectado ao motor, vem o número 3, que é a bateria de armazenamento da energia gerada. O número 4 mostra o voltímetro digital e o número 5, que também está conectado à bateria, representa a interface USB para o carregamento de dispositivos.



Figura 3.1 - Visão geral do Projeto, 1ª Parte (Fonte: Autor)

A segunda parte, Figura 3.2, é formada pela interface de comunicação com o usuário. Representado em destaque pelo número 1, está o sensor *Reed Switch*. Este sensor é conectado diretamente à placa Arduino, número 2. Também conectado à placa Arduino, está outra placa que foi confeccionada de modo a receber o número 3, que é o display LCD, e o número 4, equalizador composto por LEDs.

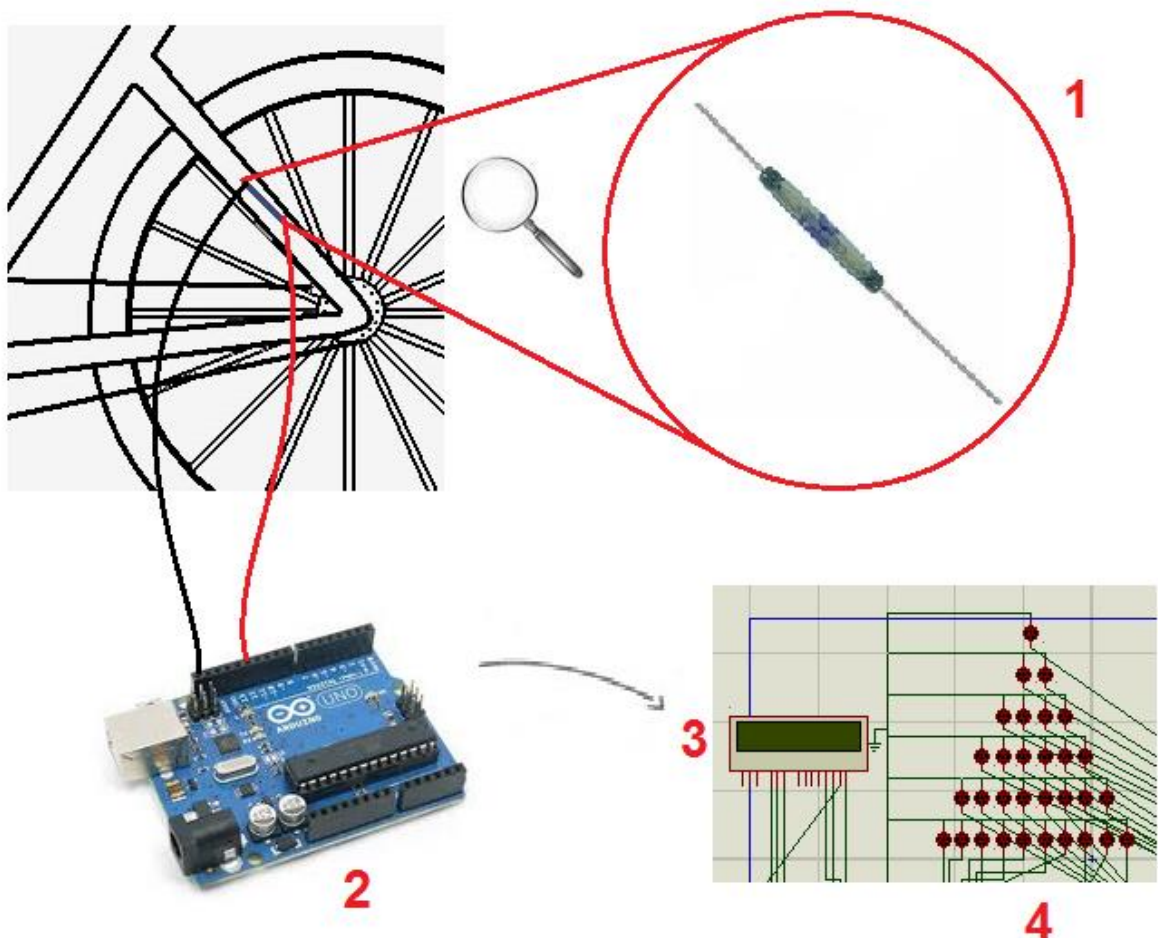


Figura 3.2 - Visão geral do Projeto, 2ª Parte (Fonte: Autor)

O diagrama de blocos, Figura 3.3, apresenta as etapas do processo de geração de energia elétrica, armazenamento, captação de informações pelo sensor *Reed Switch* e disponibilização destas informações para o usuário.

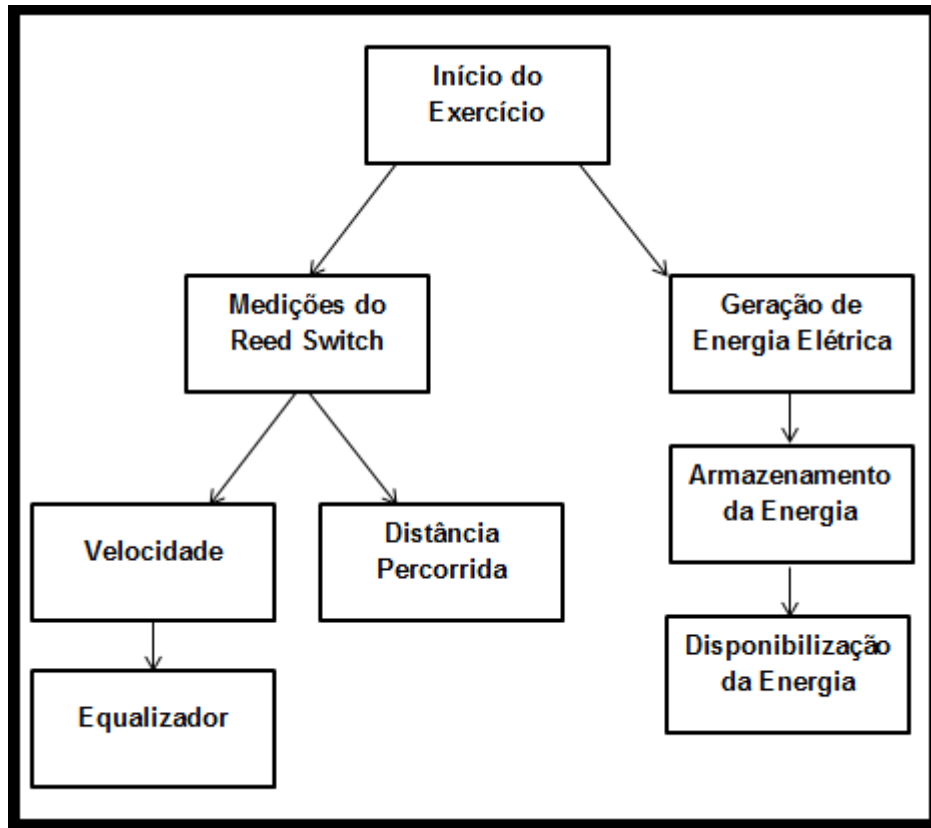


Figura 3.3 - Diagrama de Blocos das Etapas (Fonte: Autor)

O marco inicial é o início do exercício. Após esta etapa, as medições do *Reed Switch* e a geração de energia começam em paralelo. Seguindo o ramo do sensor, depois das medições terem sido feitas, os dados são enviados ao Arduino e tratados. Após o tratamento, são mostrados no display LCD. Baseado no valor da velocidade, o equalizador começa a funcionar. No outro ramo, após o início da geração, a energia elétrica é armazenada e disponibilizada ao usuário.

3.2 Descrição das Etapas

3.2.1 Bicicleta estacionária com motor gerador acoplado

Como visto no Capítulo 2, para que ocorra a geração de energia elétrica em um motor gerador, é necessária energia mecânica para mover o rotor deste motor. Nas hidrelétricas, o fator que fornece energia mecânica à turbina é o

movimento da água. Em um gerador eólico, este fator é a força dos ventos atuando sobre as pás da hélice. Neste projeto, a bicicleta é a fonte do movimento, energia mecânica, uma vez que, quando o usuário inicia o exercício físico, ou seja, começa a movimentar os pedais, a roda começa a se mover. É este movimento que vai girar a polia do motor e dar a ele a energia mecânica necessária para a geração de energia.

A escolha por um modelo de bicicleta estacionário se deu pela diminuição considerável dos movimentos pelos quais os componentes, placas e motor, seriam afetados. Em outras palavras, uma bicicleta estacionária está suscetível a menos trepidação do que uma bicicleta livre, isso garante maior integridade a todos os componentes formadores dos módulos gerador e de interface de comunicação com o usuário, pois, se colocados sob efeitos vibratórios constantes, poderiam apresentar, em um curto espaço de tempo, avarias. Outro fator que contribuiu para a escolha de um modelo fixo foi a comodidade, já que o usuário pode instalar o protótipo dentro da própria casa e fazer seu exercício ali mesmo, sem precisar sair.

Para a construção deste modelo, Figura 3.4, é utilizado o quadro de uma bicicleta antiga. Este quadro foi cortado em alguns pontos e recebeu as bases fixadoras para garantir a ele a estabilidade necessária.



Figura 3.4 - Bicicleta estacionária (Fonte: Autor)

Acoplado à bicicleta estacionária, está o motor gerador de energia elétrica. Seu rotor fica em contato com o pneu da bicicleta, Figura 3.5, de modo que, toda a energia mecânica advinda do movimento da roda é passada ao rotor.

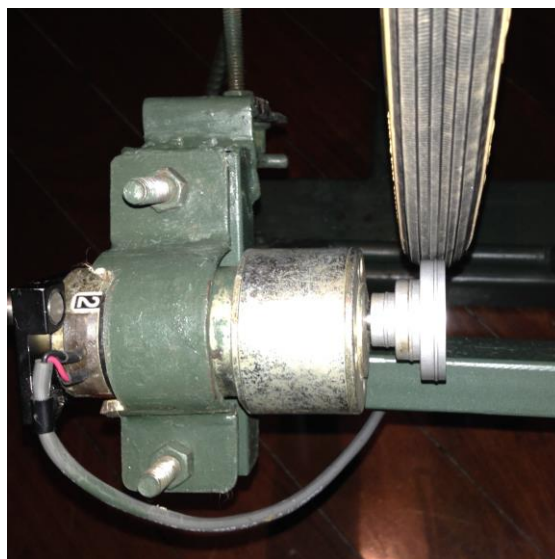


Figura 3.5 - Polia do motor gerador (Fonte: Autor)

Existe um ponto ajustável na bicicleta, como pode ser visto em evidência na Figura 3.6. Este ajuste serve para distanciar ou aproximar a polia do motor do pneu da bicicleta. Assim, se torna possível trocar o motor por um diferente se necessário.



Figura 3.6 - Ajuste de proximidade (Fonte: Autor)

3.2.2 Unidade de armazenamento e de recarga de dispositivos

A principal finalidade deste protótipo é gerar energia elétrica para que o usuário possa recarregar seus dispositivos móveis. Mas, quando a energia é gerada e não é utilizada no momento da geração, ela se perde. Para que possa ser utilizada em um momento posterior à geração, a energia elétrica deve ser armazenada corretamente. Por isso a necessidade de uma unidade específica de armazenamento.

A bateria utilizada para o armazenamento, Figura 3.7, tem uma capacidade de 4400 mAh. Suas especificações de entrada e saída de energia são 5V/1A, corrente contínua. Mais dados sobre a eficiência da bateria podem ser vistos no Capítulo 4, Testes e Resultados Alcançados.



Figura 3.7 - Bateria (Fonte: Autor)

Porém, dois contratempos surgiram no momento de instalar a unidade de armazenamento. O primeiro é a tensão de saída do gerador de energia elétrica, que, na maior parte do tempo, é muito superior à tensão aceitável na entrada da bateria de armazenamento. Isso poderia danificar a bateria em um prazo muito curto de tempo. O segundo contratempo é a oscilação da tensão de saída, já que ela varia de acordo com o ritmo praticado pelo usuário. Como é praticamente impossível manter um ritmo perfeitamente constante durante um exercício, essas oscilações também poderiam danificar os componentes do sistema.

Para resolver estes problemas, foi instalado um regulador de tensão. De acordo com a teoria apresentada no subitem 2.6.7 deste trabalho, o regulador de tensão serve para ajustar a tensão de saída em função da tensão de entrada.

No protótipo, está instalado um regulador com tensão de saída de 5 Volts, tensão adequada à entrada da bateria, sem que ela sofra maiores danos.

Para fornecer a informação de nível de carga da bateria de armazenamento, tem-se conectado um voltímetro digital. Por meio dele, o usuário pode ver e decidir se o nível de carga é suficiente ou se é necessário pedalar mais um pouco para atingir um objetivo.

3.2.3 Medidor de velocidade e de distância percorrida

Durante a prática de atividades físicas, é importante que o usuário tenha informações sobre seu rendimento. No caso do ciclismo, a distância percorrida e a velocidade praticada pelo usuário no momento do exercício são de bastante importância para que se tenha uma base para calcular objetivos.

No contexto deste projeto, saber a velocidade na qual se está pedalando é de maior importância ainda, já que, esta é uma grandeza diretamente proporcional à geração de energia.

Para que seja possível aferir as duas grandezas supracitadas, é feito o uso de um sensor do tipo *Reed Switch*. Como explanado no subitem 2.6.3 deste trabalho, seu uso deve ser feito em parceria com ímãs, uma vez que, sempre que sofre uma interação magnética, seu circuito é fechado e um sinal elétrico é enviado ao microcontrolador, neste caso o Arduino.

Na Figura 3.8 é possível visualizar o *Reed Switch* afixado no quadro da bicicleta, próximo à roda.



Figura 3.8 - Reed Switch instalado (Fonte: Autor)

Mas como fazer com que o sinal enviado por este sensor se transforme em uma medição de velocidade e distância? A maneira encontrada foi atribuir o valor da circunferência da roda ao sinal. Assim, para se obter a distância, a cada vez que o sinal é enviado, este valor é somado. E, para obter a velocidade, a distância é trabalhada em função do tempo entre os sinais. O valor da circunferência da roda utilizada é de 164 centímetros. Para aumentar a precisão das medições, foram instalados dois ímãs, e declarado no código o valor de 82 centímetros. É possível ver este trecho do código abaixo:

```
void loop(){  
    int totalSaidas = qtdRegistradores * 8;  
    unsigned long tempo_final = millis() + 1000;  
    byte estado_anterior = digitalRead(7);  
    int contador = 0; // Inicia a variável contador  
    while(tempo_final > millis())  
    {  
        byte estado_atual = digitalRead(7);  
        if (estado_atual != estado_anterior)
```

```

    {
        contador++;

        estado_anterior = estado_atual;
    }
}

dist = (dist + (contador/4*0.82)); //circunferência da roda = 1,64

velocidade = (contador/4)*(0.82); //dois ímãs

```

3.2.4 Display LCD e Equalizador

Após aferir a velocidade e a distância percorrida, como fazer para que o usuário tenha ciência destas informações? Para esta finalidade, neste protótipo, é utilizado um *display* LCD e um Equalizador. Ambos são conectados diretamente à plataforma Arduino e é esta plataforma que envia as informações já prontas para serem mostradas.

O Arduino recebe e trabalha as leituras advindas do sensor *Reed Switch*, e, por meio do trecho do código de programação abaixo, envia estes dados para que possam ser exibidos.

```

void setup(){
    pinMode(Reed, INPUT);

    Serial.begin(9600);

    lcd.begin(16, 2);

    lcd.print("Velocidade: ");

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print("Distancia: ");
}

```

```
=====
```

Parte de tratamento dos dados do reed switch

```
=====
```

```
if(velocidade <10)
{
    lcd.setCursor(12, 0);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(13, 0);
    lcd.print(velocidade);
}
else
{
    lcd.setCursor(12, 0);
    lcd.print(velocidade);
}
lcd.setCursor(12, 1);
lcd.print(dist);
if(velocidade < 2)
{
    for (int i = 1; i <= 10; i++){
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}
    for (int i = 11; i <= 31; i++){
        mega.shiftWrite(i, LOW);}
}
if(velocidade >= 2 && velocidade < 4)
{
```

```
    for (int i = 11; i <=18; i++){
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}
    for (int i = 19; i <= 31; i++){
        mega.shiftWrite(i, LOW);}
}

if(velocidade >= 4 && velocidade < 6)
{
    for (int i = 19; i <=24; i++){
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}
    for (int i = 25; i <= 31; i++){
        mega.shiftWrite(i, LOW);}
}

if(velocidade >= 6 && velocidade < 8)
{
    for (int i = 25; i <=28; i++){
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}
    for (int i = 29; i <= 31; i++){
        mega.shiftWrite(i, LOW);}
}

if(velocidade > 8)
{
    for (int i = 28; i <=31; i++){
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}
}
}
```


O display LCD e o Equalizador fazem parte da interface de comunicação com o usuário deste projeto, tal como pode ser visto na Figura 3.9.

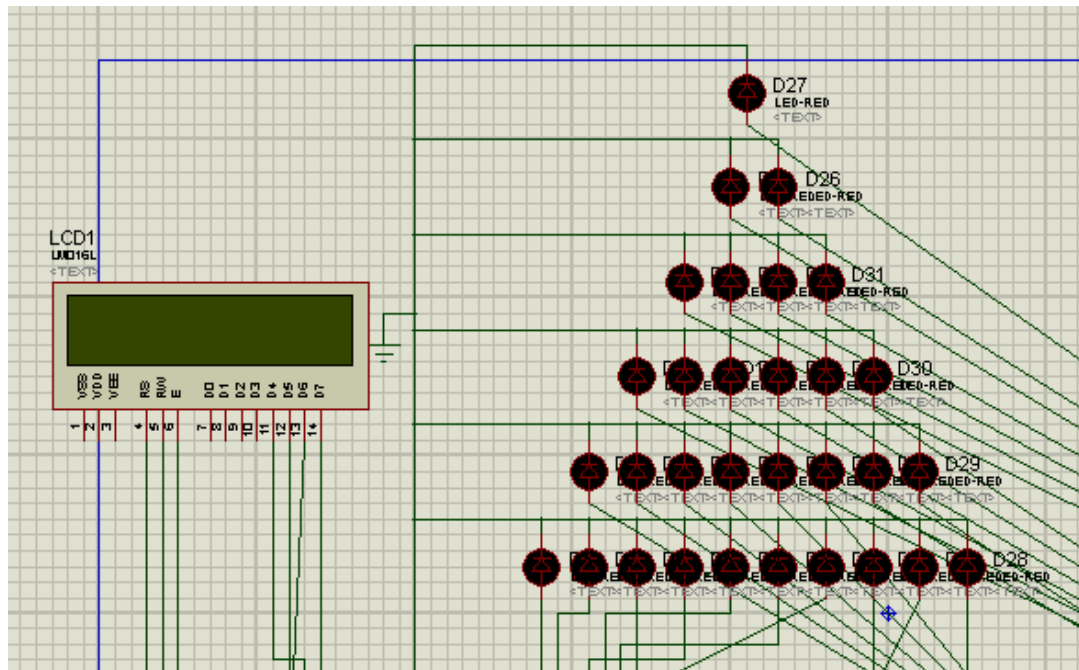


Figura 3.9 - Interface do usuário no Proteus (Fonte: Autor)

A Figura 3.9 foi tirada do *software Proteus*. Neste *software*, é possível projetar toda a parte prática. Ele permite que você adicione os componentes um a um e os monte do modo que desejar. Após a montagem, é possível fazer uma ou mais simulações testes. Depois de testado várias vezes no *software* em questão, se reduz muito a chance de erros durante a montagem em definitivo.

Como forma de realizar outros testes antes da montagem principal, foram realizadas duas montagens em *protoboard*, Figura 3.10 e Figura 3.11. A *protoboard* é uma placa na qual é possível montar os circuitos sem a utilização de solda. Os componentes são encaixados nas inúmeras perfurações, e de acordo com os encaixes feitos, os circuitos são montados.

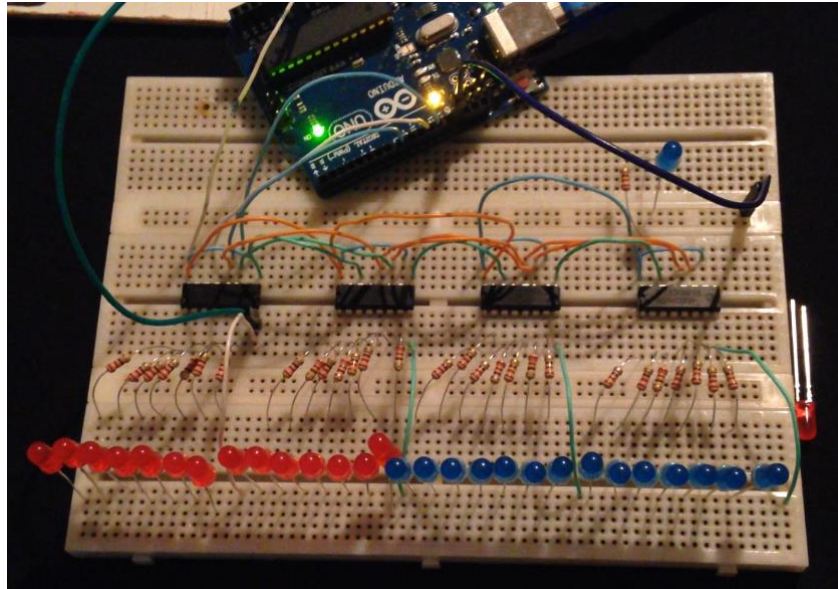


Figura 3.10 - Teste dos LEDs em protoboard (Fonte: Autor)

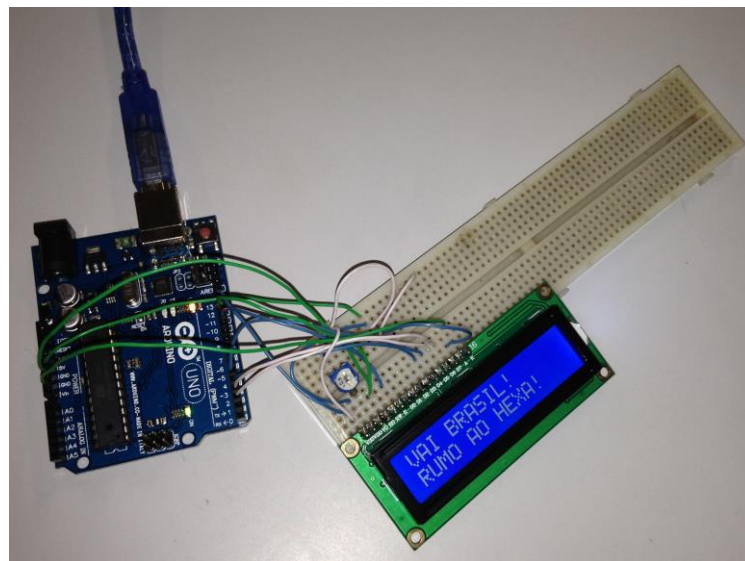


Figura 3.11 - Teste do LCD em protoboard (Fonte: Autor)

Após todos os testes realizados no *software Proteus* e na *protoboard*, o circuito está pronto para ser montado em uma placa definitiva.

Para esta montagem, primeiro, é utilizado novamente o *Proteus*. O circuito gerado neste *software* é redesenhado automaticamente com todas as trilhas necessárias em um circuito físico. Como o circuito em questão exige muitas trilhas, e algumas delas não podem se cruzar, é necessária a construção de uma placa dupla

face. Abaixo, nas Figuras 3.12 e 3.13, é possível ver as montagens da frente e do verso da placa.

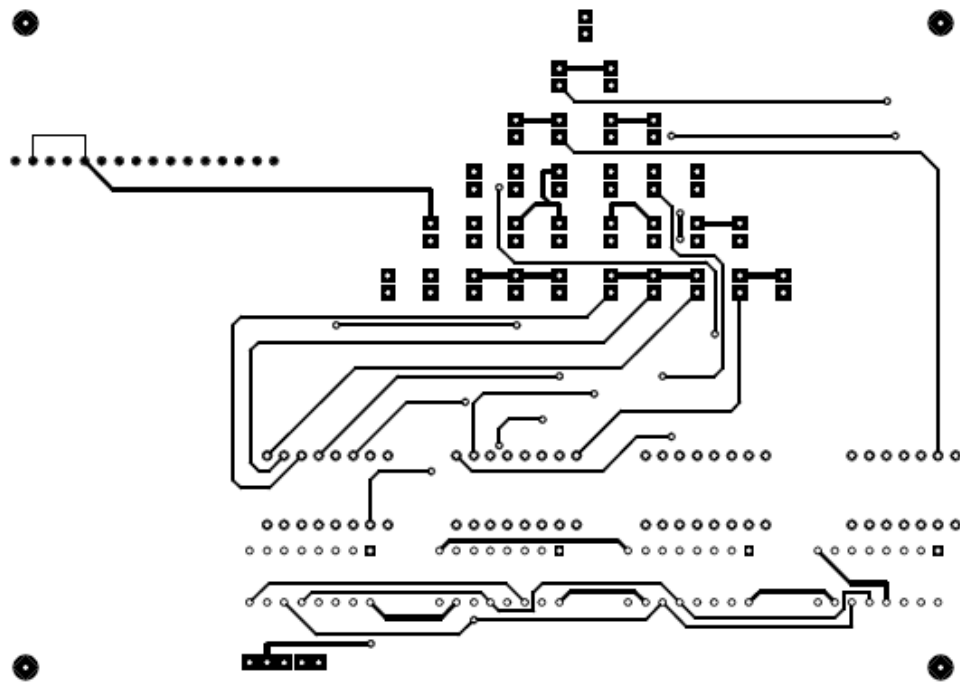


Figura 3.12 - Esquema do circuito no ARES, Frente (Fonte: Autor)

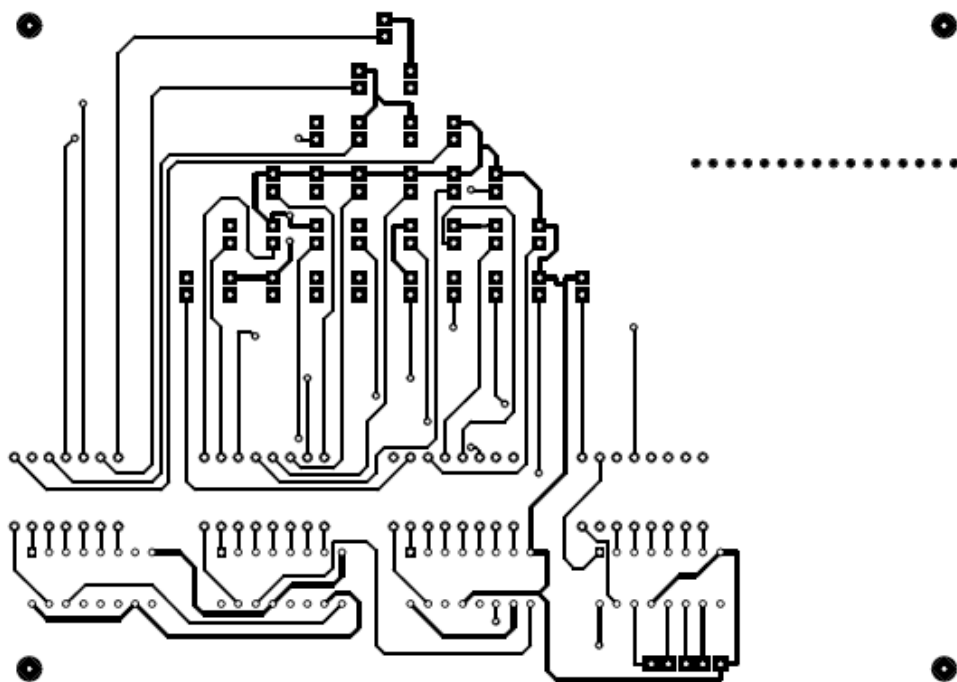


Figura 3.13 - Esquema do circuito no Ares, Verso (Fonte: Autor)

Os esquemas são impressos em papel fotográfico e devem ser passados para a placa de fenolite definitiva. Para que esta passagem ocorra, é necessário afixar o papel fotográfico, no qual está a impressão, à placa de fenolite. Depois de afixado com a parte impressa em contato com a placa, é feita a termo transferência. O processo de termo transferência consiste em aplicar calor à folha de papel fotográfico, para que a tinta seja transferida à placa definitiva. Após a termo transferência, a placa é corroída e, depois de limpa, estará pronta para que os componentes sejam soldados. A Figura 3.14 mostra a placa definitiva com o *display* LCD, o equalizador e o voltímetro digital já montados e acomodados dentro de uma caixa. Esta caixa tem como finalidade principal a proteção do circuito.

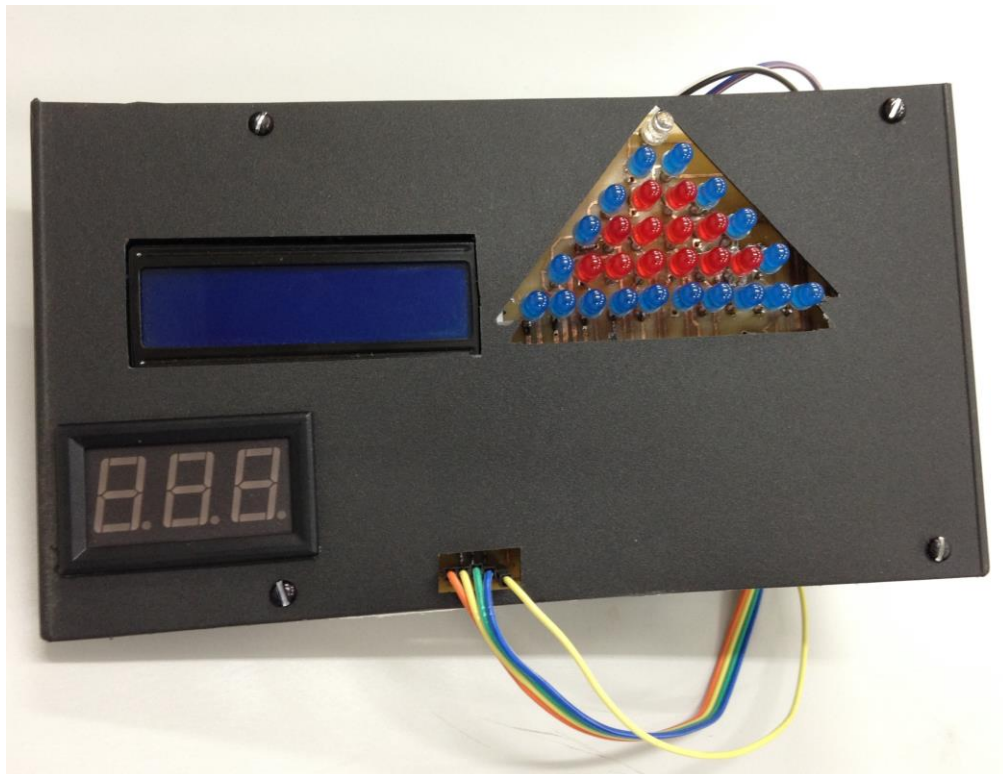


Figura 3.14 - Interface Final (Fonte: Autor)

CAPÍTULO 4 TESTES E RESULTADOS ALCANÇADOS

4.1 Velocidade X Tensão gerada

Como lido anteriormente, em um sistema hidrelétrico ou eólico, quanto maior é a vazão de água ou ar, maior é o movimento atuante, logo, maior é a energia mecânica sobre as turbinas e, conseqüentemente, maior a geração de energia elétrica. Neste sistema, não é diferente. Quanto maior for a velocidade praticada pelo usuário, maior será a tensão gerada nos terminais do motor gerador.

Para provar este fenômeno, foi realizado um teste, do qual os resultados se encontram na Tabela 4.1. Esta tabela traz um comparativo entre a velocidade praticada, em metros por segundo, a tensão em volts e a potência em watts, geradas no mesmo momento. Foram feitas 10 medições para que fosse possível ter um resultado bem detalhado. Neste teste, não foi utilizado o regulador de tensão.

Tabela 4.1 - Velocidade X Tensão X Potência (Fonte: Autor)

Velocidade (m/s)	Tensão (V)	Potência (W)
0,83	± 20	± 30
1,64	± 25	± 37,5
2,46	± 30	± 45
3,28	± 35	± 52,5
4,10	± 40	± 60
4,92	± 45	± 67,5
5,74	± 50	± 75
6,56	± 55	± 82,5
7,38	± 60	± 90
8,2	± 65	± 97,5

Por conta da constante oscilação da tensão, os valores da tabela são aproximados.

Para calcular a potência, foi utilizada a corrente de saída do motor gerador de 1,5 A.

4.2 Velocidade X Equalizador

Em alguns momentos, tudo o que uma pessoa precisa para manter uma meta ou atingir um objetivo é de um estímulo. E este estímulo pode vir de várias maneiras.

No caso deste projeto, o equalizador composto por LEDs serve justamente como estímulo ao usuário. É com base nele que se pode ter uma noção real do desempenho de geração de energia, pois, à medida que ele se acende, significa que a geração está melhorando.

Com base nestas informações, e como meio de demonstrá-las, foi gerada a Tabela 4.2, preenchida com dados advindos de testes, na qual é possível ver um comparativo entre a velocidade praticada e as camadas do equalizador de LEDs que estarão acesas no mesmo momento.

Tabela 4.2 - Velocidade X Equalizador (Fonte: Autor)

Velocidade (Metros / Segundos)	LEDs acesos (Camadas)
Velocidade < 2	1 ^a
2 ≤ Velocidade < 4	2 ^a
4 ≤ Velocidade < 6	3 ^a
6 ≤ Velocidade < 8	4 ^a
8 < Velocidade	5 ^a e 6 ^a

4.3 Teste de Tempo de Recarga de Dispositivos

A depender da fonte de energia elétrica, o tempo de recarga de um dispositivo móvel pode variar bastante. Porém, é muito importante para o usuário ter pelo menos uma ideia deste tempo, para que não seja pego desprevenido e fique sem carga em algum de seus aparelhos.

Para exemplificar o tempo de recarga de dispositivos móveis diversos, foram realizados três testes, cada um com um dispositivo diferente. Em cada um destes testes, foi aferido o tempo de recarga total do aparelho.

O primeiro teste foi realizado com um celular modelo *Iphone 5*. Sua capacidade é de 1440 mAh e sua potência é de 5,45 Wh. Para recarregá-lo completamente, foram necessárias duas horas e quinze minutos.

O segundo teste foi realizado com um celular modelo *Samsung Galaxy S4*. A potência de sua bateria é de 9,88 Wh e sua capacidade é de 2700 mAh. O tempo total de recarga foi de três horas e cinquenta e um minutos.

O terceiro e último teste foi realizado com um celular modelo *Iphone 5C*. A capacidade de sua bateria é de 1507 mAh e 5,73 Wh de potência. O tempo necessário para a recarga deste aparelho foi de duas horas e vinte e sete minutos.

CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Este projeto teve como principal objetivo a geração de energia elétrica a partir da energia mecânica extraída durante a prática do ciclismo. A energia gerada deveria ser armazenada para que pudesse ser utilizada no carregamento de dispositivos que utilizam pequenas cargas.

Baseado nos resultados dos testes realizados, conclui-se que o objetivo foi alcançado, uma vez que, o motor gerador, como já esperado, conseguiu produzir uma quantidade até maior do que a necessária. A bateria, por sua vez, foi capaz de receber e armazenar esta energia, para que, em um próximo momento, o usuário fosse capaz de carregar seus aparelhos.

Os testes também mostraram que seria necessário o uso de um componente para regular a tensão de entrada da energia elétrica na bateria, pois sendo a velocidade da pedalada e a potência gerada grandezas diretamente proporcionais, mudanças de velocidade causariam uma oscilação na potência gerada e isso poderia desgastar ou até queimar alguns componentes do sistema.

As informações contidas nos *displays* de nível de carga da bateria e velocidade/distância percorridas se mostraram muito úteis, uma vez que estes dados podem subsidiar o usuário a traçar objetivos.

Pode-se concluir também que o equalizador cumpriu o seu papel de mostrar a melhor intensidade da pedalada para uma geração de energia mais eficaz. Baseando-se nele, o usuário consegue perceber a velocidade perfeita para uma geração de energia elétrica satisfatória.

Conclui-se que este projeto funcionaria sem maiores problemas em bicicletas estáticas, tais como as ergométricas. Para outros tipos de bicicletas,

seriam necessárias adaptações para que todo o sistema fique bem afixado e que não haja desperdício de energia mecânica.

Portanto, os resultados atenderam as propostas e objetivos traçados para este trabalho, e o protótipo encontra-se em funcionamento.

A principal contribuição deste projeto foi o desenvolvimento de um sistema alternativo de geração de energia com capacidade de alimentar um determinado ramo de dispositivos. Este protótipo pode ser tomado como base para a criação de novas formas de geração de energia limpa e de baixo custo, proporcionando uma maior acessibilidade e também uma redução de gastos. É preciso levar em conta a contribuição na qualidade de vida das pessoas que o utilizarem, pois, o fato de gerar energia enquanto se faz uma atividade física, servirá como estímulo à prática de exercícios físicos.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Embora o projeto esteja funcionando perfeitamente, e tenha atingido todos os objetivos, alguns aprimoramentos podem ser feitos.

Como sugestão para um trabalho futuro, visando uma maior geração e um maior armazenamento de energia, pode-se trocar o motor gerador e a bateria de armazenamento por outros componentes de mesma natureza, porém de maior capacidade. Consequentemente, um leque maior de aparelhos poderiam ser alimentados.

Outra sugestão para um trabalho subsequente, seria realizar um estudo econômico com a finalidade de implantar este projeto nas casas das pessoas, e também em diversos estabelecimentos tais como: escolas, hospitais, academias, presídios e comunidades nas quais o acesso à energia elétrica é escasso.

Este estudo analisaria e faria uma comparação entre os custos e benefícios do projeto.

Como custos, seriam levados em conta os valores para se produzir e colocar à venda no mercado, em pequena, média ou grande escala, o protótipo.

Como benefícios, seriam avaliados a economia na conta de energia, resultante do uso regular do gerador, a melhora na qualidade de vida das pessoas, em razão da prática do ciclismo, prática esta que seria estimulada pela economia de dinheiro e também o maior acesso a energia elétrica, uma vez que, vilarejos com baixo ou nenhum acesso, poderiam produzi-la e armazená-la.

Referências

- BALARIM et al. Custo de Bombas Centrífugas Funcionando Como Turbinas em Microcentrais Hidrelétricas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, Janeiro/Abril 2004. 219-225.
- BANZI, M. **Primeiros Passos com o Arduino**. 1ª. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2011.
- BARBOSA, J. D. O. et al. **Geração de Energia Elétrica**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Cuiabá, p. 2 - 10. 2013.
- BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate**. 3ª. ed. São Paulo: Editora Moderna Ltda., 2004.
- CAMPOS, F. G. R. D. **GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE FONTE EÓLICA COM GERADOR ASSÍNCRONO CONECTADO A CONVERSOR ESTÁTICO DUPLO**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.
- DARIDO, S. C.; SOUZA JÚNIOR, O. M. D. **PARA ENSINAR EDUCAÇÃO FÍSICA - POSSIBILIDADES DE INTERVENÇÃO NA ESCOLA**. 1ª. ed. Campinas: Papirus Editora, 2007.
- DESCHAMPS, S. R.; FILHO, L. A. D. Motivos e benefícios psicológicos que levam os indivíduos dos sexos masculino e feminino a praticarem o ciclismo indoor. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Santos, p. 27-32, Fevereiro 2005. ISSN 0103-1716.
- EL GHAOURI, M.. **Coleção Geração Digital - 2ª Série do Ensino Médio**. 2014. ed. Brasília: Editora Geração Digital, 2014.
- LUCAS, A. et al. **Fontes de Energia Alternativa na academia: Um estudo sobre como aproveitar a energia perdida em bicicletas ergométricas**. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO. Recife. 2013.
- MCRBERTS, M. **Arduino Básico**. 1ª. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2011.
- MONK, S. **PROGRAMAÇÃO COM ARDUINO**. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda., 2013.
- PECORA, V. **IMPLANTAÇÃO DE UMA UNIDADE DEMONSTRATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS DE TRATAMENTO DO ESGOTO RESIDENCIAL DA USP**. Universidade de São Paulo. São paulo. 2006.
- REIS, L. B. D. **Geração de Energia Elétrica**. 2ª. ed. Barueri: Manole Ltda., 2011.
- REIS, L. B. D.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 1ª. ed. Barueri: Manole Ltda., 2005.
- REIS, L. B. D.; SILVEIRA, S. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Edusp - Editora da Universidade de São Paulo, 2000.
- RODRIGUES, M. D. C. B.; TEIXEIRA, E. C.; BRAGA, H. A. C. **UMA VISÃO TOPOLÓGICA SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS MONOFÁSICOS CONECTADOS À REDE DE ENERGIA ELÉTRICA**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2003.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. D. **Sensores Industriais Fundamentos e Aplicações**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2005.

WENDLING, M. **CI Reguladores de Tensão**. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, p. 2-7. 2009.

WEO, W. E. O. International Energy Agency. **Site da International Energy Agency**, 2011. Disponível em: <www.iea.org>. Acesso em: 10 Abril 2014.

APÊNDICE A – Código da Interface do Usuário

```
#include <ShiftOutMega.h> //Inclui a biblioteca ShiftOutMega.h

#include <LiquidCrystal.h> // inclui a biblioteca LiquidCrystal:

// inicia a biblioteca com o numero das portas da interface

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

//Variáveis de uso dos registradores 74HC595

int latchPin = 8; //Pino 8 conectado ao pino 12 do 74HC595 (Latch).

int dataPin = 9; //Pino 11 conectado ao pino 14 do 74HC595 (Data).

int clockPin = 10; //Pino 12 conectado ao pino 11 do 74HC595 (Clock).

int Reed = 7; //Pino do Reed Switch

int qtdRegistradores = 4; //Quantidade de registradores (74HC595). Para cada registrador, temos 8 saídas.

int dist = 0; //Variável de distância

int velocidade = 0; //Variável de velocidade

ShiftOutMega mega(latchPin, dataPin, clockPin, qtdRegistradores); //Inicia a biblioteca passando os parametros de uso.

//escreve "Velocidade: " na primeira linha e "Distancia: " na segunda linha

void setup(){

    pinMode(Reed, INPUT);

    Serial.begin(9600);

    lcd.begin(16, 2);

    lcd.print("Velocidade: ");

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print("Distancia: ");
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```
    int totalSaidas = qtdRegistradores * 8;
```

```
    unsigned long tempo_final = millis() + 1000;
```

```
    byte estado_anterior = digitalRead(7);
```

```
    int contador = 0; // Inicia a variável contador
```

```
    while(tempo_final > millis())
```

```
    {
```

```
        byte estado_atual = digitalRead(7);
```

```
        if (estado_atual != estado_anterior)
```

```
        {
```

```
            contador++;
```

```
            estado_anterior = estado_atual;
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    dist = (dist + (contador/4*0.82)); //circunferência da roda = 1,64
```

```
    velocidade = (contador/4)*(0.82); //dois ímãs
```

```
    if(velocidade <10)
```

```
    {
```

```
        lcd.setCursor(12, 0);
```

```
        lcd.print(" ");
```

```
        lcd.setCursor(13, 0);
```

```
        lcd.print(velocidade);
```

```
    }
```

```
    else
```

```
{  
    lcd.setCursor(12, 0);  
    lcd.print(velocidade);  
}  
lcd.setCursor(12, 1);  
lcd.print(dist);  
  
if(velocidade < 2)  
{  
    for (int i = 1; i <= 10; i++){  
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}  
    for (int i = 11; i <= 31; i++){  
        mega.shiftWrite(i, LOW);}  
}  
if(velocidade >= 2 && velocidade < 4)  
{  
    for (int i = 11; i <=18; i++){  
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}  
    for (int i = 19; i <= 31; i++){  
        mega.shiftWrite(i, LOW);}  
}  
if(velocidade >= 4 && velocidade < 6)  
{  
    for (int i = 19; i <=24; i++){  
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}  
    for (int i = 25; i <= 31; i++){  
        mega.shiftWrite(i, LOW);}  
}
```

```
}  
  
if(velocidade >= 6 && velocidade < 8)  
{  
    for (int i = 25; i <=28; i++){  
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}  
    for (int i = 29; i <= 31; i++){  
        mega.shiftWrite(i, LOW);}  
}  
  
if(velocidade > 8)  
{  
    for (int i = 28; i <=31; i++){  
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}  
}  
  
}
```